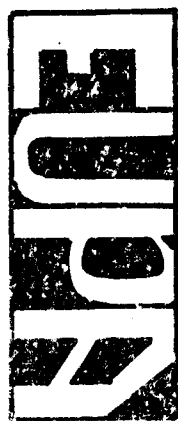
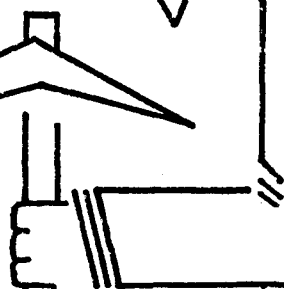
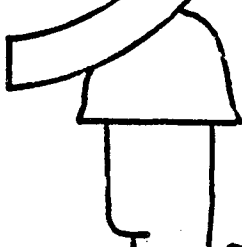
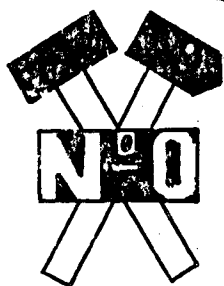


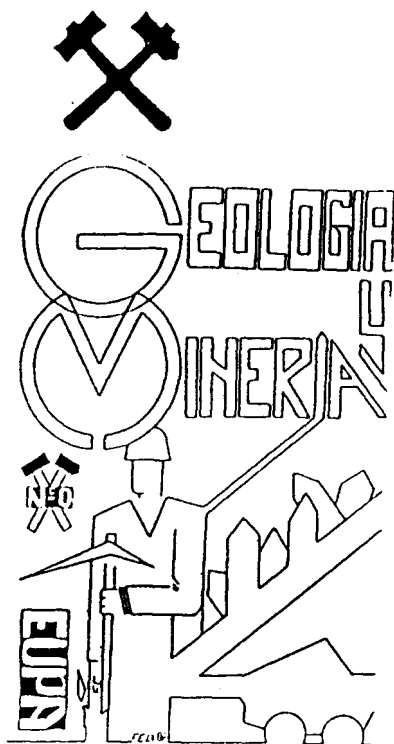
GEOMORFOLOGIA

INERIAN



FEB. 86

M.S.



GEOLOGIA Y MINERIA

N.º U. Abril, 1986

Director: Octavio Puche Riart.

Subdirector Jefe de Redacción: Luis Mensile Plaza.

Comisión Asesora de Redacción: Emiliano Alensa Rodríguez, Pedro Aránguez Ruiz, M. Concepción Avilero Nieto, José Ramón Carrillo Muñoz, José M. Irujo Fernández, José M. Mata Perelló (Manresa), Mercedes Núñez Domínguez (Belmez), Rafael Parra Salmerón (Linares), Angel Pérez Martínez, Lázaro Sánchez Castillo, Fernando J. Terán Sierra, Doroteo de Vicente García.

Diseño Portada: Márquez Colorado.

Edita: Servicio de Publicaciones de la Escuela Universitaria Politécnica de Almadén.

Información y Publicidad: Departamentos de Prospección e Investigación Minera y Geología de la E.U.P.A.

C/ Manuel Meca, s/n. Almadén (C-Real).

Depósito Legal: CR. 429-1986

SUMARIO

• Almadén, 2.500 años de extracción del Mercurio	3
• Balance hídrico de la zona central del sinclinal de Almadén	11
• La Asbestosis: Una enfermedad a eliminar	24
• Observaciones sobre las prácticas en las Minas de Almadén en España para la extracción de mercurio. Y sobre el tipo de enfermedades de los que trabajen allí	28
• Jornadas sobre la Enseñanza de la Geología en las Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica Minera ...	35
• Noticias	38
• Página de Inglés	40

Editorial

Por R.O. de 14 de Julio de 1777, Carlos III creaba la Escuela de Minas de Almadén, nombrando a Storr Director del Centro, con la obligación de enseñar a los jóvenes matemáticos que se le envíen la Geometría Subterránea y la Mineralogía. Por nuestras aulas han pasado importantes geólogos y destacados mineros, como los hermanos Elhuyar, Andrés Manuel del Río, Joaquín Ezquerro del Bayo, Lorenzo Gómez Pardo, Isidro Sainz de Baranda, Rafael Amor de la Torre, Casiano de Prado y tantos otros que cubrieron de logros las Ciencias de la Tierra. Pero no podemos vivir anclados en un pasado glorioso, sino que hemos de construir con energía y eficacia el presente y futuro.

Nuevos campos de aplicación y nuevas tecnologías abren ampliamente el abanico de posibilidades formativas de los Ingenieros Técnicos de Minas. Y como no debemos quedar al margen de los avances científicos, hay que desarrollar canales nutritivos de conocimiento.

Introducir en la programación de las asignaturas teorías específicas o fundamentos tecnológicos de vanguardia es siempre algo escabroso, ya que existen claras limitaciones de tiempo y de capacidad formativa multidisciplinar, siendo muy interesante, pues, el nacimiento de revistas científicas en las Escuelas, donde participen investigadores de oficio, profesionales experimentados, profesores del Centro e incluso alumnos aventajados, que aporten algo novedoso.

Esperamos que, trimestralmente, la revista científica se vuelva, con la colaboración de todos, un instrumento docente de primera magnitud. Y su función motivadora actúe sobre los alumnos, forjando nuevas inquietudes geológico-mineras. Por eso, a lo mejor nuestra publicación da pronto buenos frutos en la mejora del producto final que sale de esta Escuela.

OCTAVIO PUCHE RIART.



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA ALMADEN

LABORATORIO DE MENAS Y MINERALURGIA

Realización de estudios e informes sobre posibilidades de preparación, beneficio y concentración de menas, mediante ensayos previos y necesarios.

* Concentración

- Flotación
- Medios densos
- Gravimétricos

* Trituración

* Molienda

* Clasificación

* Determinación de curvas granulométricas

* Curvas de lavabilidad de carbones

* Determinación de tamaños de liberación

* Esquemas de tratamiento

Certificación oficial de resultados

Plaza Manuel de Meca 1

ALMADEN (Ciudad Real)

«ALMADEN, 2.500 AÑOS DE EXTRACCION DEL MERCURIO»

Por D. Octavio PUCHE RIART
y D. Luis MANSILLA PLAZA

METALURGIA DE LOS PRUEBLOS PRERROMANOS

Antes de que Callias, en el siglo IV a.C., describiese el bermellón hispano, según narra Teophrasto (332 a.C.), probablemente ya era conocido en la zona de Almadén-Fuencaliente por las culturas neolíticas que lo usaban en sus expresiones plásticas, como pintura roja, sobre la roca cuarcítica que jalona el valle de Alcuña y por los pueblos que posteriormente habitaron esta comarca.

Si se conservaran los viejos "Anales Turdetanos", de los que nos habla Diodoro de Sicilia, tal vez podríamos comprobar que por aquellas fechas ya se explotaba el cinabrio, comercializándose con griegos y fenicios.

Según Bosch Gimpera, los celtas llegan a la meseta hacia el año 600 a.C.; aproximadamente 170 años más tarde cruzarían el Guadiana ocupando Extremadura y gran parte de Sierra Morena. Es entonces cuando se comienza a tener noticias de una ciudad llamada Sisapo -voz celta que significa "la mina"- y de la comarca sisaponense,

territorio productor de un bermellón de gran calidad, aunque desconocemos si ya realizaban un tratamiento metalúrgico del cinabrio.

COLONIZACION CARTAGINESA Y ROMANA

Con los cartagineses adquiere un gran auge la minería, nos indica Launay¹: "Una nación de labradores armados se transforma en un pueblo de ingenieros, de industriales y de mineros".

Según Celio Rodriquino, "la primera explotación de Almadén comenzó en tiempos de las primeras guerras púnicas"; coincidiendo a veces las guerras con períodos de desarrollo económico. Con el fin de la segunda guerra púnica tomó Roma posesión de la minería española, continuando con la explotación de cinabrio, en Almadén, para la obtención de bermellón e hidrargirum.

Para Meseguer Pardo, la minería llegó a su auge con los romanos.

"Causa asombro la magnitud de los trabajos realizados entonces en España, y la simple inspección de nuestras zonas mineras hace comprender que no existía yacimiento rico que los romanos

no hayan trabajado, ni rincón por aislado que se encuentre que no explorasen ni reconociesen".

Los historiadores romanos sitúan a Sisapo en la Beturia Turdetana, asentamiento que es muy probable que estuviera próximo al actual Almadén.

En Roma el bermellón tuvo gran demanda, llegando a alcanzar el precio de 70 sextercios la libra, destacando como maquillaje femenino, para embadurnar el cuerpo de los triunfadores, como pintura y en la escritura, previo tratamiento en las fábricas romanas, ubicadas entre los templos de Flora y de Quirino. Según Plinio, antes de convertir el mineral -mediante manipulación- en bermellón, cuando se extrae a golpe de pico, se desprenden de él gotas de "argentum vivo", que son rápidamente recogidas por los mineros. También este autor nos explica el primer procedimiento metalúrgico del mercurio conocido: "Se coloca el mineral en un recipiente de barro cocido y éste, a su vez, dentro de una marmita de hierro cubierta con una tapadera cóncava, enlodada en arcilla. Al calentarse se recoge en la tapadera cóncava hydrargirium, líquido del color de la plata y la fluidez del agua".

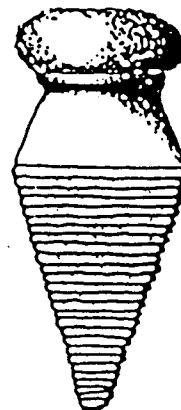
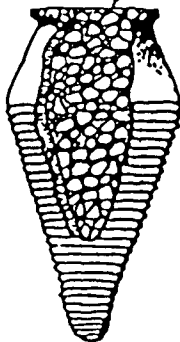
En la zona de Sisapo llegaron a obtenerse 10.000 libras de mineral bruto por año, de la mejor calidad, siendo cantadas sus virtudes por el poeta Propertio (siglo I a.C.) y reconocidas por el historiador Marco Juniano Justino (siglo II o III a.C.) en su epítome de la Historia Universal de la Antigüedad.

VISIGODOS Y ARABES

Disminuye enormemente la actividad minera con las invasiones germánicas. Son tres siglos en los que se desconoce si se llevó a cabo algún tipo de explotación, pero cuesta creer que desapareciera una actividad tan importante y con tanta tradición.

Con la invasión árabe se vuelve a la extracción del mineral de forma relevante, manifestando gran importancia con la plenitud del Califato de Córdoba, llegando la mina en el siglo XII a alcanzar la profundidad de 250 brazas. El historiador árabe Abu-Abd-Alla-Mohamed-Al Edrisi nos cuenta cómo más de mil obreros se ocupaban en las distintas labores de la mina: extracción, aporte de combustible y fabricación de elementos metalúrgicos. Los árabes obtenían el "azogue" mediante unos hornos rectangulares cerrados por bóvedas de medio punto llamadas "xabecas". En éstas existían diversos agujeros en donde se colocaban unos recipientes de barro de forma cónica llamados "aludeles"; llenas las ollas de cinabrio en pequeños fragmentos, se tapaban con las coberteras o tapaderas, embarrándose las junturas, poniéndose a cocer, y después de la cocción se dejaban enfriar, rompiéndose posteriormente para extraer el mercurio nativo.

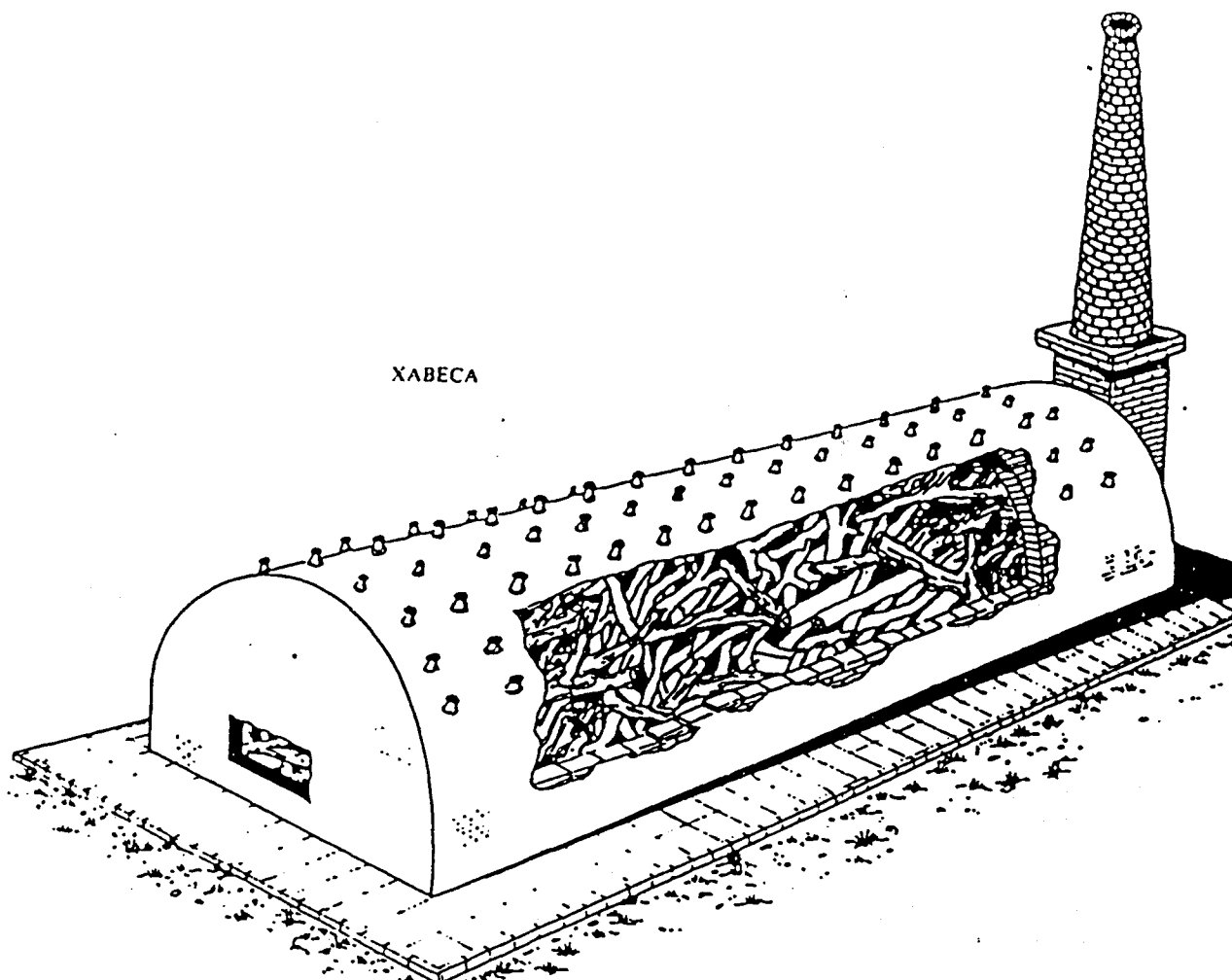
El nombre actual de Almadén tiene sus orígenes en las palabras árabes "Al-Mahaden", que significan "La Mina".



ALUDELES

MINERAL

BARRO



Muchas palabras relacionadas con el mercurio tienen origen árabe: azogue (mercurio), aludel, alarife, alberca, etc.

LA RECONQUISTA

En 1151 conquista la región Alfonso VII el Emperador, el cual ya había considerado en las Cortes de Nájera (1138) el azogue como monopolio real.

Alfonso VIII cede la explotación de las minas a la Orden de Calatrava (1168), siendo recuperada por los almohades en la batalla de Alarcos (1195) y vuelta a reconquistar al poco tiempo por los Maestres de la Orden.

Fernando III el Santo (1249) cede a la Orden la mitad de "la mina de Chillón llamada vulgarmente Almadén", y es con Sancho IV cuando queda transferida

a estos caballeros en su totalidad.

"Tengo por bien que (el maestro y freiles) puedan facer bermejón del argen bib de las sus mineras en los sus mismos logares, et que lo puedan sacar fuera de mis reynos et facer dello su pro".

Según "La Partida II", de Alfonso X el Sabio (1256-1265), las donaciones reales de minas sólo duraban la vida del rey y se necesitaba la confirmación de sus sucesores (ley 5).

Los monjes-soldados siguieron usufructuando la mina, arrendándola a catalanes, genoveses y otros postores. Estos prosiguieron con los procesos mineralúrgicos de la época árabe; en este período venían a cocerse 5 xabecas por día, con capacidad cada una de 400 libras de cinabrio, que producían unas 54 libras de azogue (ley del todouno superior al 10%), comercializándose con toda España.

Almadén vuelve a ser propiedad

real con Isabel y Fernando, cinco años antes del descubrimiento de América, mediante una bula papal (de Adriano IV), que les transfiere todas las propiedades de las órdenes militares.

LA CONQUISTA DE AMERICA Y LOS HORNOS DE BUITRONES

Prosiguen los arrendamientos durante esta época, siendo de importancia los sucesivos alquileres que se hicieron a los banqueros alemanes Fuggers o Fucaras, que en un principio siguieron con el mismo sistema de obtención del azogue que habían usado los árabes con algunas modificaciones. Los hornos que llamaban xabecas eran muy diferentes de los comunes porque tenían la puerta cerca de un estado en algo y la bóveda no era como capilla, sino redonda y larga como media teja. En lo alto de la bóveda tenían 24 agujeros en tres hileras donde se colocaban las ollas conteniendo el cinabrio en pequeños trozos como nueces, siendo tapadas para su cocción, que se hacía cuando se quiere poner el sol, dejándolo hasta el día siguiente a las 10 horas de la mañana, cuando entendían que las piedras estaban bien destiladas. Y así, después que la xabeca se había refriado, se descubrían las ollas y con una cucharas casi llanas de hierro cogían de encima de la ceniza el azogue, lo cual llamaban "desmizar", y luego lo lavaban en unas alberquillas que allí estaban, quedando así puro el metal.

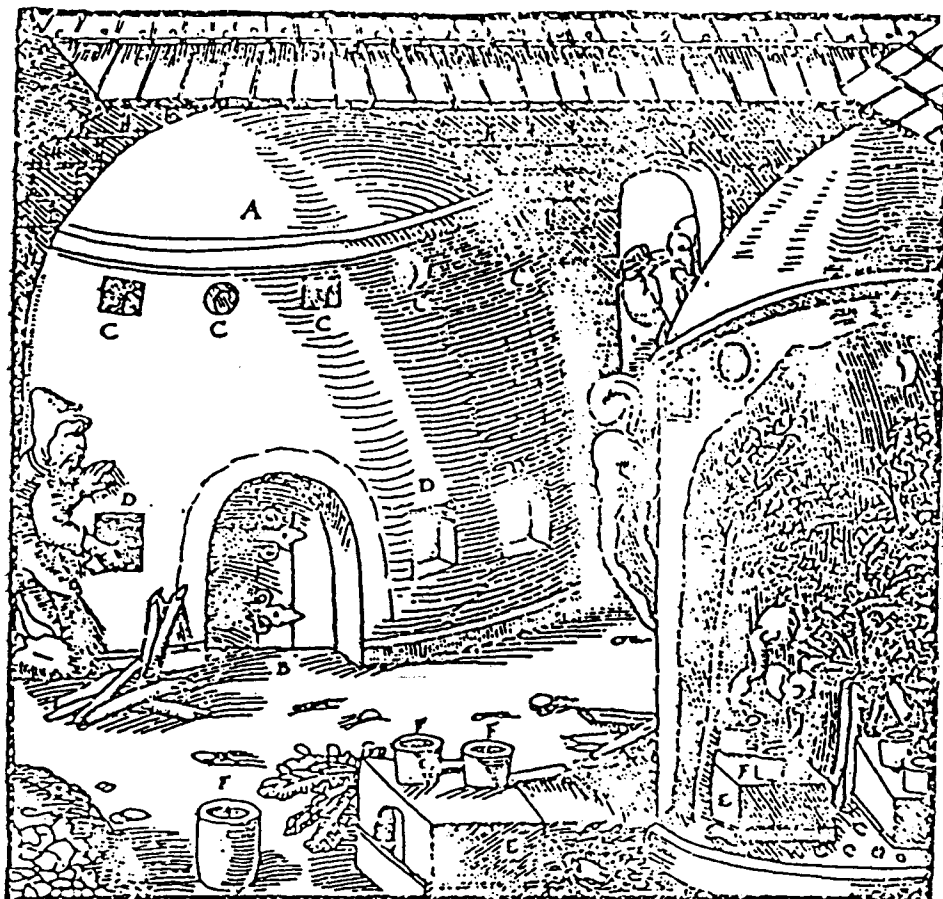
Con la conquista de América vinieron los grandes hallazgos en la minería: la plata de Nueva España (1525, Morcillo, Jalisco; 1536, Tasco, Guerrero; 1546, Zacatecas; y 1552, Pachuca a poco más de 100 km de México capital) y de Perú (en 1545 el indio Gualipa encontraba los criaderos argentíferos de Cerro Potosí), y el oro sudamericano (que fue descubriéndose a mediados del siglo XVI en Cauco, Colombia; Loja, Ecuador; Pasco, Perú; y Oruro, Bolivia). La explotación de estos minerales exigía el uso del mercurio para su extracción posterior mediante la amalgamación.

La amalgamación ya era conocida por los griegos y romanos. Plinio narra

cómo se introducían tejidos, realizados con hilo de oro, en azogue para extraer el precioso metal. En 1555 Bartolomé de Medina introduce el procedimiento conocido como "método de patio" en las minas de Pachuca; en 1572 Fernández de Velasco inventa el "beneficio de cajones", y en 1590 Alvaro Alonso Barba el "beneficio de cazo y cocimiento". Estos procesos necesitaban mercurio para su realización, siendo necesario para ello transportarlo de los yacimientos de Almadén, pasando por esta época a ser el mayor productor de mercurio del mundo. El descubrimiento de los yacimientos de mercurio de Huamanga y Huancafélica (Perú), en 1566, dio un gran impulso a la minería de la plata, lo que suponía una disminución de costo en el transporte del azogue, aunque de todas formas el consumo era grande y Almadén seguiría enviando grandes cantidades de mercurio al Nuevo Mundo.

Es con todo este movimiento, durante el asentamiento de los Fucaras (años 1573-1582), cuando se construyen en Almadén ocho hornos de reverberación o "buitrones" para sustituir a las antiguas xabecas. Son los buitrones unos hornos hechos de ladrillo y barro donde se cocía y fundía el metal, con bóveda de media naranja situada sobre una estructura que llaman red, que estaba colocada sobre la caldera. En esta época se llegaron a construir gran cantidad de este tipo de hornos, habiéndolos de todos los tamaños, los grandes de 300 ollas cada uno, los medianos de 270 ollas y los pequeños de 200 ollas. Aparte de estos hornos, también se construyó otro horno más pequeño de 150 ollas, llamado "el buitroncillo", que no estaba en el cerco de buitrones como los demás y en el que cocían el metal proveniente de los torronteros antiguos y de las escorias que salían de los buitrones.

Todos estos hornos presentaban un gran inconveniente: A pesar del gran rendimiento que de ellos se obtenía, los encargados de hornos se azogaban y cogían enfermedades incurables, llegando a no querer nadie trabajar en los hornos y encargando estos trabajos a los esclavos y reos. Es por esto que, por los años 1606-1612, se idearon unos tipos de hornos para la obtención del azogue que evitasen que los oficiales se azogasen,



Metalurgia del mercurio en el siglo XVI (Tercer método de destilación tomado de AGRICOLA, 6, en «De re metallica», Libro IX, 1556.)

llegándose a construir por encargo real estos hornos como ensayo donde seguir los nuevos procedimientos, pero no llegaron a tener aplicación real.

LOS HORNOS DE BUSTAMANTE

En Huancavélica, Lope Saavedra Barba inventó los llamados "hornos de aludeles" (1633), siendo introducidos en Almadén por Juan Alonso de Bustamante (1646), después de que sufrieran varias modificaciones, por lo que también se denominan "hornos de Bustamante".

Estos hornos eran de cuba de sección circular (1,3 - 2 m de diámetro). Un tabique de ladrillo sostenido por arcos de mampostería soportaba el mineral triturado (entre 4,5 y 10 cc.), distribuido en diversas capas según tamaños y calidades. Justamente debajo, en el "buitrón"

u hogar, se introducía el combustible (que era madera o leña de las encinas de las dehesas colindantes, aunque luego se pasó al carbón). El cinabrio se descomponía en anhídrido sulfuroso y vapor de mercurio, éste pasaba a través de unos orificios a una camareta, de la cual salían 12 caños o aludeles en los que se producía la condensación del azogue, el cual surgía por unos agujeros practicados en la parte inferior de estos.

En las paredes de los caños quedaban retenidos mercurio y "hollines", que luego se recuperaban desmontando cada elemento del condensador y sacudiéndolo, operación conocida como "levante" o "fregadura". Terminada la limpieza se acumulaban los hollines en montones para su tratamiento posterior, volviéndose luego a montar los caños.

Estos hornos han permanecido en funcionamiento hasta 1928.

HORNOS DE IDRIA

En 1806 Larrañaga J., primer director español de las Minas de Almadén, después de realizar un viaje por Europa Meridional y Central, introdujo en España los llamados "hornos de Idria". Estos hornos fueron construidos en Yugoslavia en 1787 por Lethner, siendo muy similares a los de Bustamante. Eran también de cuba, aunque su sección era cuadrada (3 m de lado) en vez de circular. La condensación se realizaba en 6 u 8 cámaras de mampostería revestidas interiormente de cemento.

En los hornos de Bustamante la refrigeración, producida por aire, era escasa y los gases a la salida de los aludeles contenían aún mucho azogue y hollines. Para disminuir la velocidad de los gases, provocando la deposición de las partículas en suspensión, acabaron construyendo "arquetas" de expansión antes de las chimeneas. Este dispositivo lo presentaban ya los hornos de Idria, que, al fin y al cabo, no eran sino una mejora de los de Bustamante.

HORNOS DE ALMADEN

Estos hornos eran originarios de Italia. Se introdujeron en España en 1905 y han funcionado hasta 1954, siendo los primeros de marcha continua empleados en Almadén, junto con los Cermak-Spirek. Eran de cuba, en los que cada vaso se dividía en cuatro compartimentos, y el mineral, mezclado con carbón, entraba por la parte superior a través de unas tolvas de cierre estanco. Aumentando o disminuyendo su riqueza se podía controlar la marcha del horno. La mena alcanzaba temperaturas de 800 a 850°C. En la parte inferior, una parrilla soportaba el mineral permitiendo que entrara el aire necesario para la tostación. La escoria salía por la parte inferior, llevándose a las escombreras.

La condensación se realizaba

en unos tubos planos verticales de mampostería revestida y posteriormente en la cámara; ésta consistía en un laberinto que era recorrido por los gases antes de pasar a la chimenea.

Para Ullman F., los hornos posteriores a Bustamante e Idria constituyen la generación de "hornos modernos", caracterizándose por la carga continua, posibilidad de regulación y mejora de la condensación.

HORNOS CERMAK-SPIREK

Fueron introducidos paralelamente a los de Almadén, tratándose en ellos los tamaños pequeños de mineral (menores de 45 mm) denominados "vaciscos".

Su innovación principal consistía en una parrilla movable que garantizaba el paso exclusivo de los finos, estando inspirado en Hunter-Scott. Eran hornos de cuba rectangulares -de dimensiones 3,44 x 1,66 m- de marcha continua. Los finos impedirían el paso del oxígeno, pero 6 filas horizontales y 9 verticales de ladrillos, en forma de caballete, constituían unos canales por donde podía circular el aire recorriendo todos los niveles, resbalando por sus bordes el mineral. Un hogar central los dividía en dos partes, estando los canales en posición normal respecto a él. Los gases del último canal penetraban en otros dos ortogonales, subiendo a unos recipientes denominados "capillas" de los que salían unos tubos llamados "elefantes" llevándolos a la condensación. En la parte inferior se extraían las escorias por unas tolvas que permitían descargar a voluntad.

HORNOS DE SOLERAS MULTIPLES

Este tipo de hornos se vino a instalar en Almadén en el año 1954 para sustituir a los que hasta ahora se venían utilizando, llegando a trabajar conjuntamente durante varios meses hasta la desaparición total de los más antiguos.

El horno de soleras múltiples instalado en Almadén es del tipo Pacific-Herreshof, con combustible de propano. La molienda se realiza al tamaño de una pulgada en una planta de trituración

dispuesta para tal fin, y el mineral se va introduciendo por la parte superior del horno, donde se le somete a un pequeño riego, efectuándose un movimiento en espiral durante su descenso. La temperatura que llega a alcanzar el horno es del orden de los 625°C, quedando la escoria con sólo el 0,02% de mercurio.

Los gases de la calcinación al abandonar el horno tienen una temperatura de 350°C. Son conducidos a través de un ciclón que separa parte del polvo arrastrado al sistema de condensación, constituido por 3 series de 17 tubos de hierro en U cada uno colocados verticalmente. Por su parte inferior, los tubos terminan en una especie de cuellos de cisne, con cierre hidráulico, para acabar sumergidos en unas piletas con agua; en estas arquetas se recogen los productos condensados y los que son arrastrados por los gases.

El mercurio que llega a estas piletas es conducido al colector general, mientras que los hollines formados, por su menor densidad, permanecen en ellas. Posteriormente, se realiza un lavado de los tubos de condensación para limpiar los hollines y el mercurio que se ha quedado adherido a las paredes, para su posterior tratamiento.

TRATAMIENTO DE HOLLINES EN ALMADEN

Los hollines son dispersiones en agua de mercurio y otras sustancias sólidas que aparecen en los sistemas de condensación. Este problema, que es común a todas las instalaciones pirometalúrgicas, nació cuando se introdujeron en el proceso metalúrgico del mercurio los sistemas de condensación, viéndose acentuado con el empleo de los hornos calentados a fuego directo.

La proporción de mercurio que estos contienen varía entre límites muy extensos, dependiendo sobre todo del tipo de horno que se utilice y de la naturaleza del mineral, oscilando entre el 10 y el 80%, como es el caso de Almadén.

El tratamiento que han llevado estos hollines ha sido muy variado a lo largo de los años y así encontramos cómo, en Almadén, se reunían los hollines

de varias sangrías, amasándolos a mano con cal finamente dividida en los planos inclinados de los hornos Bustamante para que el mercurio descendiese, con lo que se recuperaba mediante exudación una buena parte del azogue.

Posteriormente, López Mellado construyó una batidora, herméticamente cerrada, provista de una tolva para la entrada de los hollines, pasando después por una malla, cayendo sobre un cono donde van los rastrillos para batir el hollín y saliendo posteriormente por unos registros.

La parte más gruesa de los hollines, que no pasaba por la malla, iba a unos depósitos para luego calcinarlos en los hornos junto con el mineral y los residuos de hollines que habían quedado del batido, ya que su porcentaje llegaba a ser en algunos casos del 50%.

Con este tipo de tratamiento se ha estado trabajando hasta los años 70 y en la actualidad se sigue el procedimiento Almadén-CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas) con algunas variaciones, donde se logra la coalescencia del mercurio mediante el uso de sosa cáustica y sulfuro de sodio a 90°C, en un reactor provisto de agitación intensa.

EL FUTURO

Actualmente se sigue trabajando con los hornos "Pacific" instalados en los años 50 con algunas modificaciones, a pesar de que se ha intentado poner en funcionamiento otros hornos.

Los contenidos en metal del todoño van disminuyendo; gigantescas escombreras con leyes superiores al 0,03% y mineralizaciones pobres esperan la llegada de nuevas técnicas para su tratamiento. Los procesos de concentración por flotación y la metalurgia en hornos de lecho fluido prevén un futuro prometedor no muy lejano.

Los tratamientos de hollines han sufrido investigaciones para una mejor recuperación del mercurio, como los procedimientos por amalgamación por aluminio, llegándose a obtener en el laboratorio el 97-98% de mercurio de los hollines y de destilación por arrastre con vapor de agua, recomendable para

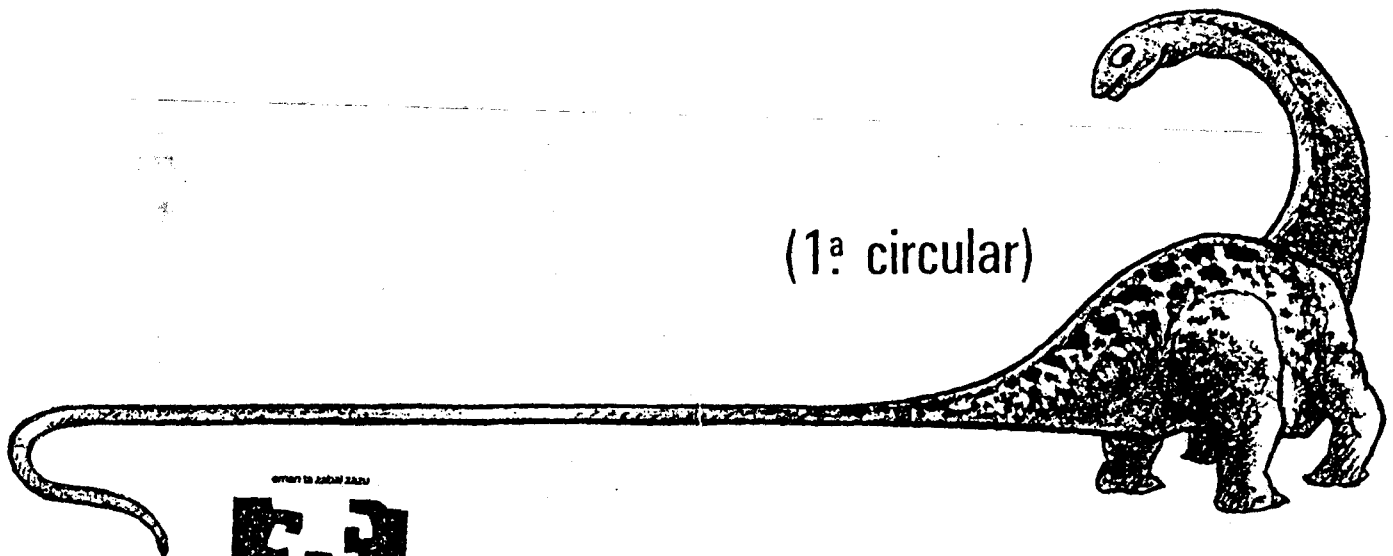
el tratamiento de hollines de bajo
porcentaje en mercurio, aunque, a pesar

de ello, se sigue utilizando el procedimien-
to Almadén-CENIM con modificaciones.

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

IV SIMPOSIO SOBRE ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA

(1ª circular)



VITORIA-GASTEIZ
15-19 de Septiembre de 1986

BALANCE HIDRICO DE LA ZONA CENTRAL DEL SINCLINAL DE ALMADEN.

Por Lázaro SANCHEZ CASTILLO.

RESUMEN.

El presente estudio tiene por finalidad el aportar datos al mejor conocimiento de las reservas hidráulicas en la zona central del sinclinal de Almadén, para su eficaz aprovechamiento, y, en la medida de lo posible, la regulación de las mismas.

El planteamiento se hace en base a los siguientes puntos:

- 1) Conocimiento de los datos pluvio y termométricos de la zona.
- 2) Homogeneización mediante métodos estadísticos de dichos datos.
- 3) Proceso de datos.
- 4) Cálculo de ETP y ETR por el método de Thornthwaite.
- 5) Cálculo de lluvia útil. Balance total.

0. ANTECEDENTES.

El sinclinal de Almadén se halla situado al N del núcleo urbano de Almadén, al SW de la provincia de Ciudad Real, estando el área de estudio repartida entre los términos municipales de Almadén y Chillón (Fig. 1). La extensión de

esta zona es de, aproximadamente, 38 Km².

Frecuentes han sido los períodos de estiaje en los que Almadén y su comarca han padecido prolongadas restricciones de agua, afectando tanto a los núcleos de población como a las labores agrícolas y ganaderas.

Ante esta circunstancia, se hace necesario establecer un balance hídrico de la zona que ayude a encontrar soluciones a tales problemas.

1. INTRODUCCION.

El establecimiento del balance hídrico de los mantos acuíferos exige el conocimiento exacto de la alimentación de las pérdidas originadas en los mismos. Sin embargo, éstas son múltiples, directas o indirectas, superficiales o profundas.

Este saldo se equilibra en condiciones naturales, conforme al ciclo del agua, y en ausencia de intervención humana, hay conservación de las reservas durante una media de varios años.

Debido a la imposibilidad material de obtener datos precisos de infiltración, se ha optado por expresar el balance

hídrico en términos de lluvia útil, es decir, se pretende evaluar la cantidad de agua aprovechable, al menos en teoría, para satisfacer las necesidades humanas.

Al establecer el balance como lluvia útil en la zona, es evidente que deben determinarse los siguientes factores:

- 1) Temperaturas.
- 2) Precipitaciones.
- 3) ETP y ETR.

El volumen medio estimado para la zona de estudio es de 158 millones de metros cúbicos.

2. TEMPERATURAS.

El área de Almadén posee, según la clasificación de Papadakis, un régimen térmico subtropical cálido.

Se poseen datos termométricos en una sola estación, ALMADEN (MINAS), situada al SW de la zona (Cuadro 1), generalizándose dichos datos por proximidad y similitud al resto de las estaciones (CHILLON, VALDEMANCO C.P.C., GARGANTIEL, y ALMADENEJOS) con el fin de obtener valores de ETP y ETR para la totalidad de la zona.

Del análisis de los mencionados datos se puede afirmar que la temperatura media mensual oscila entre los 15 y 16°C.

3. PRECIPITACIONES.

En cuanto a precipitaciones se refiere, la zona de Almadén goza de un régimen de humedad mediterráneo húmedo, siendo escasas las precipitaciones en todas las épocas excepto en invierno.

En razón de los regímenes térmicos y de humedad de la zona, se clasifica a Almadén con un tipo climático mediterráneo subtropical.

La precipitación anual media oscila entre los 680 mm (media máxima) registrados en Valdemarco C.P.C. y los 529 mm (media mínima) de Almadenejos, traídas todas ellas por un viento dominante de SW (Cuadro 2).

La estación marcadamente más seca es el verano, que registre cantidades

de precipitación que suelen oscilar entre el 5 y el 15% de los valores anuales. Las precipitaciones en esta época del año son de tipo convectivo (régimen de tormentas locales), causadas por la ascensión de aires más cálidos y, por tanto, más ligero hacia zonas de aire más frío y denso.

Los datos pluviométricos han sido tratados y homogeneizados mediante métodos estadísticos probabilísticos (correlación gráfica, ajustes lineales ...).

4. EVAPOTRANSPIRACION.

Si analizamos los factores influyentes en la evapotranspiración, entendiéndose factores climáticos, edáficos y de vegetación, vemos que en la zona objeto del estudio tales factores favorecen un alto valor de la evapotranspiración.

En efecto, entre las características que hacen que Almadén y sus alrededores posean un grado notable de evapotranspiración, tenemos:

a) Factores climáticos:

- a.1) Temperatura media elevada.
- a.2) Constante acción del viento del SW.
- a.3) Elevado número de horas de sol.

b) Factores edáficos:

- b.1) Perfil A/C de escaso manto vegetal.
- b.2) Pequeña profundidad del nivel freático.

c) Factores vegetativos:

- c.1) Escasa vegetación.
- c.2) Elevada presión de succión por parte de las plantas.

4.1. CALCULO DE ETP.

Se ha escogido a tal efecto el método empírico de Thornthwaite por su sencillez y rápida aplicación, según la fórmula

$$ETP = F$$

siendo

F: Factor de iluminación, función de la latitud de lugar (Tabulado).

: Evapotranspiración potencial sin corregir, igual a:

$$= 1,6 (10 t/I)^a$$

en la que

t: Temperatura media mensual.

I: Índice de calor anual, suma de los índices de calor mensuales (1). (Tabulado).

a: Variable de valor:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0,49239$$

Para la zona ver Cuadros (3.a - 7.a).

4.2. CALCULO DE ETR.

Conocida ya la ETP, se calcula la ETR por el método desarrollado por Thornthwaite, consistente en el llamado BALANCE HIDRICO, el cual queda simplificado en las siguientes expresiones:

$$ETR = P - E$$

$$ETR = ETP - D$$

siendo

ETP: Evapotranspiración potencial.

ETR: Evapotranspiración real.

P: Precipitación.

E: Exceso.

D: Déficit.

Los excesos de agua provienen de la precipitación, una vez ya superados los valores máximos de reserva, que para nuestra área es de 100 mm (por analogía con zonas similares), que salen del balance como aguas subterráneas superficiales. El exceso medio anual climático es una cota superior del mismo y da un orden de magnitud del agua de drenaje y del lavado de los suelos.

El déficit, en cambio, se tiene cuando la precipitación es inferior a la ETP y la reserva está ya agotada. El valor del déficit anual da un orden de magnitud de la media de agua de riego de los cultivos de primavera-verano.

Para la zona ver Cuadros (3.b - 7.b).

5. LLUVIA UTIL.

Entendemos por lluvia útil la cantidad de agua que puede ser aprovechada por el hombre, teóricamente hablando. Constituyen, pues, los excesos de agua que se obtienen restando la P de la ETP en los meses húmedos del año (P ETP y límite de reserva máximo) y sumando

los valores obtenidos en dichos meses. Así, pues:

$$LLU = P - ETP + A \text{ Reserva.}$$

6. EQUILIBRIO DEL BALANCE.

El balance, calculado para un período anual, no se equilibra en general, por múltiples causas, siendo las principales, aparte de la frecuente intervención del hombre, la variación de las reservas y los ineludibles errores y aproximaciones de las mediciones.

Para establecer este equilibrio entre aportes y salidas, se han calculado tanto la precipitación anual caída en la zona como la lluvia útil recogida en la misma en dicho período.

6.1. CALCULO DE LA PRECIPITACION SOBRE LA ZONA.

Se trata de evaluar la cantidad de agua que recibe la totalidad de la superficie estudiada.

El método elegido es el de los polígonos de precipitación o de Thiessen, que se basa en la distribución del área en otras parciales (polígonos) a las que se asigna la precipitación anual de la estación a la que están vinculadas (Fig. 2).

Aplicado el método a la zona de 38 Km² que abarca el estudio, ésta se reparte de la siguiente manera:

Zona	Area (Km ²)	% Area
Almadén	14,24	37,47
Almadenejos	1,47	3,87
Chillón	6,00	15,79
Gargantiel	6,31	16,61
Valdemarco C.P.C.	9,98	26,26

Multiplicando los porcentajes de área por la precipitación en cada estación y posteriormente sumando dichos valores, obtenemos la precipitación en la zona por metro cuadrado de superficie; por lo tanto, si multiplicamos la precipitación unitaria por el área total de la zona, obtenemos la PRECIPITACION TOTAL EN LA ZONA.

Zona	% Area	P media	P unit (mm)
Almadén	0,3747	651,8	244,23
Almadenejos	0,0387	593,7	22,97
Chillón	0,1579	623,4	98,43
Gargantiel	0,1661	623,4	110,14
Valdemarco C.P.C.	0,2626	686,7	180,32

PRECIPITACION UNITARIA EN LA ZONA 656,09

PRECIPITACION TOTAL EN LA ZONA
(38 Km²)..... 24.930 . 10³m³

6.2. CALCULO DE LA ETR EN LA ZONA.

De la misma forma, aquí se asignan los valores de ETR para cada estación hallados mediante el método de Thornthwaite. (Ver 3.b - 7.b).

Zona	% Area	ETR media	ETR unit (mm)
Almadén	0,3747	437,1	163,78
Almadenejos	0,0387	427,5	16,54
Chillón	0,1579	436,0	68,84
Gargantiel	0,1661	441,2	73,28
Valdemarco C.P.C.	0,2626	428,7	112,58

ETR UNITARIA EN LA ZONA 375,02

ETR TOTAL EN LA ZONA 14.250 . 10³m³

6.3. CALCULO DE LLUVIA UTIL EN LA ZONA.

Operando igualmente, pero multiplicando ahora los valores de lluvia útil (exceso) en cada estación (Cuadros 3.b - 7.b), por los porcentajes para cada estación, se tiene:

Zona	% Area	LLU media	LLU unit (mm)
Almadén	0,3747	314,7	117,92
Almadenejos	0,0387	266,2	10,30
Chillón	0,1579	287,4	45,38
Gargantiel	0,1661	321,9	53,47
Valdemarco C.P.C.	0,2626	358,0	94,01

LLUVIA UTIL UNITARIA EN LA ZONA 321,08

LLUVIA UTIL TOTAL EN LA ZONA 12.200 . 10³m³

Por tanto, la lluvia útil representa el 49 % de la precipitación caída sobre la zona en el período considerado (año medio).

7. RESUMEN DEL BALANCE.

A la vista de los valores calculados de P, ETR y LLU para la zona, se puede establecer el balance hídrico de la misma, tal y como se indica a continuación:

ENTRADAS

Alimentación por precipitación 24.930 . 10³m³

APORTES TOTALES 24.930 . 10³m³

SALIDAS

Evapotranspiración real (ETR) 14.250 . 10³m³

Lluvia útil (12.200 . 10³m³):

Escorrentía superficial (75% LLU) 9.150 . 10³m³

Infiltración (incluida retención superficial) (25% LLU): 3.050 . 10³m³

PERDIDAS TOTALES 26.450 . 10³m³

Luego

APORTES TOTALES 24.930 . 10³m³

PERDIDAS TOTALES 26.450 . 10³m³

VARIACION DE LAS RESERVAS DE AGUA - 1.520 . 10³m³
(para el período considerado).

Esta variación de la reserva está provocada por el gran contraste entre los valores de precipitación y evapotranspiración real en los meses de verano, tal y como se puede apreciar en los hidrogramas de la Fig. 3.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A la vista de los estudios realizados, podemos sintetizar estos en los siguientes puntos:

- 1) Almadén y su comarca gozan de un clima MEDITERRANEO SUBTROPICAL, con escasas precipitaciones en verano, con lo que, y teniendo presentes los hidrogramas de relación P-ETR (Fig. 3), se puede afirmar que el fenómeno de infiltración es poco importante, agotándose la reserva de agua a partir de los primeros meses de estiaje.
- 2) Debido al bajo índice de infiltración, en estrecha relación con la litología de los terrenos (no olvidemos la situación de Almadén dentro del llamado "dominio IMPERMEABLE del paleozoico"), la mayor parte de la lluvia útil

sobre la zona va a parar, mediante drenaje superficial (escorrentía) a los cursos de agua.

- 3) Se produce una variación regresiva de la reserva, debida en parte a la escasez de precipitación frente al gran valor de ETR, y por otra a una irracional sobreexplotación de los recursos subterráneos con la que se favorece la evapotranspiración

por renovación del agua de infiltración.

Se desea y recomienda una mayor planificación en la explotación, realizándose las obras de captación en zonas no sobresaturadas y a cargo de especialistas con el fin de obtener buenos desarrollos en los pozos, aprovechándose así al máximo las posibilidades hídricas que brinda la zona.

Madrid, 20 Febrero 1986

BIBLIOGRAFIA.

ARENAS, M. (1981): Climatología. XIV Curso de Hidrogeología Aplicada. ETSIM-UPM.

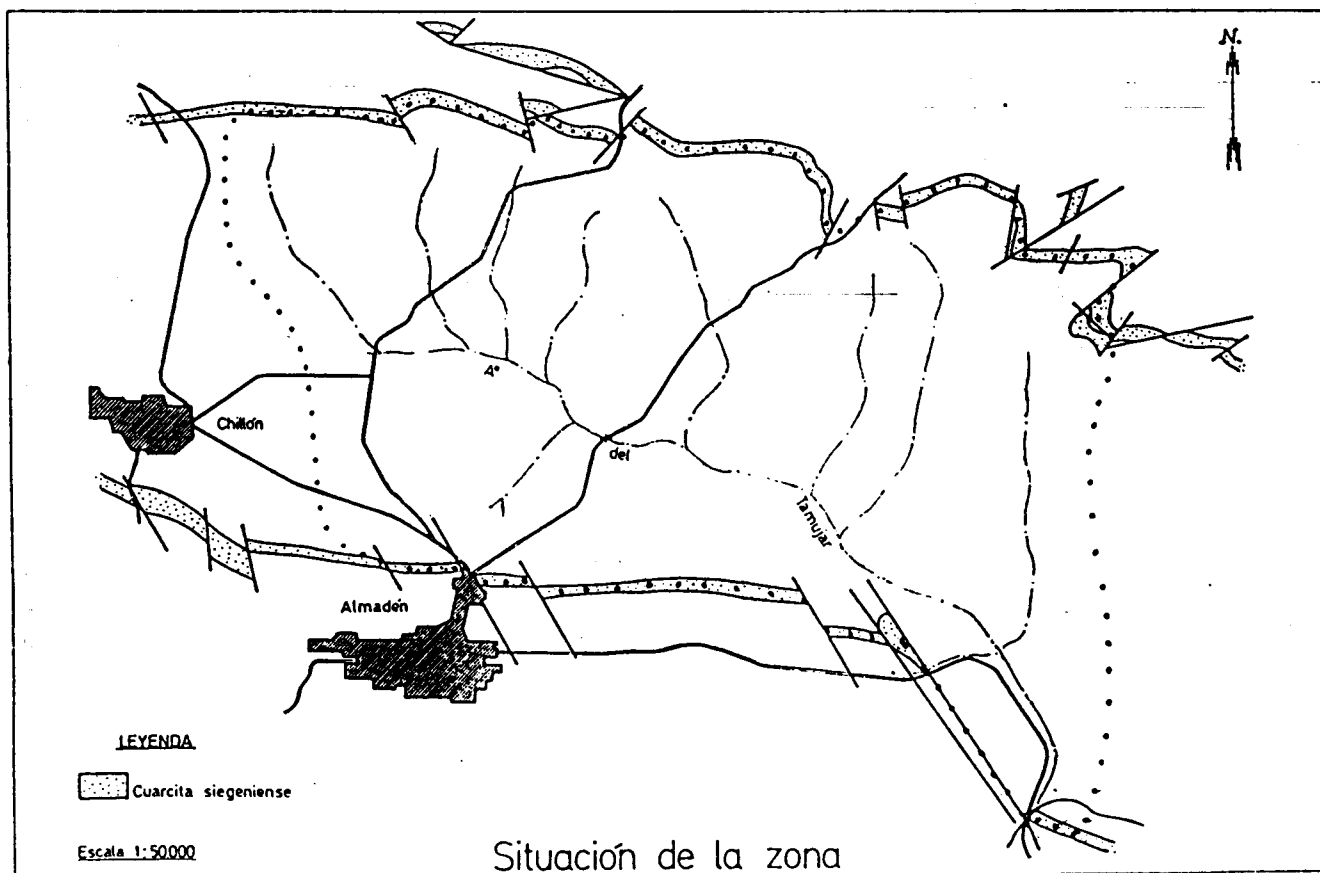
CASTANY, G. (1971): Tratado práctico de las aguas subterráneas. Edit. Omega.

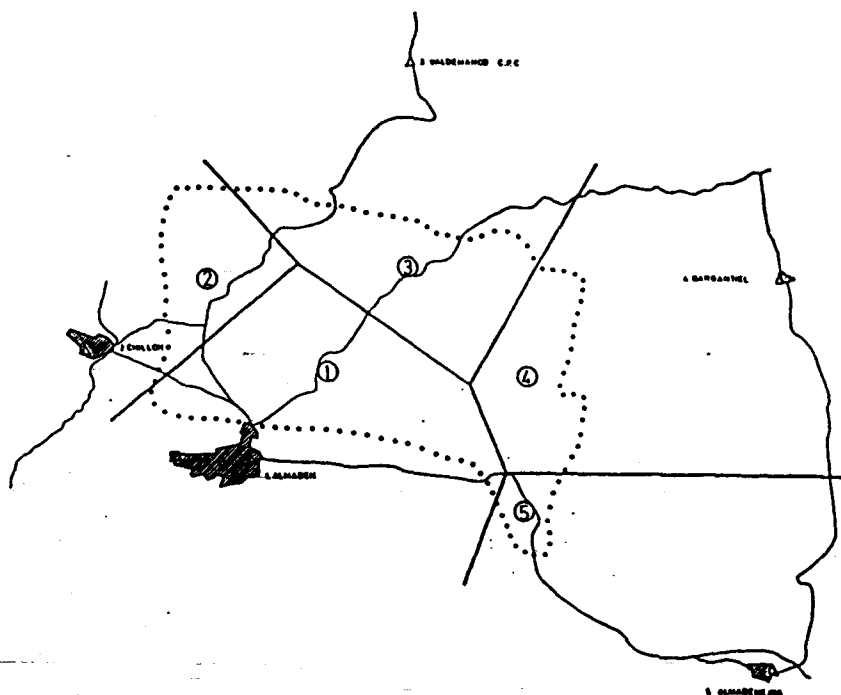
DAVIS, S. y DE WIEST, R. (1971): Hidrogeología. Edic. Ariel.

ELIAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, L. (1981): Estudio agroclimático de la región Castilla - La Mancha. Dpto. Agricultura de la Junta de Comunidades Castilla - La Mancha.

SANCHEZ CASTILLO, L. (1985): Estudio hidrogeológico de la zona central del sinclinal de Almadén. EUPA-UPM.

SEMENT, M. (1981): El hidrograma. Relación río-acuífero. XIV Curso de Hidrogeología Aplicada. ETSIM-UPM.





Simbología

- ▲ Estación pluviométrica
- Estación meteorológica
- Límite de la zona
- Área de influencia de la estación

Figura 2

Elaborado por	L.S.C. ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA ALMADÉN
Fecha	1981
Objeto	MAPA DE SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS Y DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN (POLÍGONOS DE THIESSEN)

Cuadro 1

TEMPERATURAS MENSUALES MEDIAS EN LA ZONA DE ALMADÉN (Periodo 1961-81)

<u>Mes</u>	<u>Tª C</u>
Enero	6,4
Febrero	8,0
Marzo	10,7
Abril	13,4
Mayo	17,2
Junio	22,2
Julio	26,5
Agosto	26,4
Septiembre	22,6
Octubre	17,0
Noviembre	10,6
Diciembre	7,0

Estacion : ALMADEN

Temp.media : 15.6°C

Longitud : 4°47' W

Latitud : 38°47'

Altitud : 557

ARO HIDRICO

```
*****
* Enero      : 85.95714*
* Febrero    : 93.40477*
* Marzo      : 66.15238*
* Abril      : 69.3 *
* Mayo       : 39.67619*
* Junio      : 40.42857*
* Julio      : 10.54762*
* Agosto     : 8.747618*
* Septiembre : 37.16667*
* Octubre    : 55.62381*
* Noviembre  : 64.3762 *
* Diciembre  : 80.68096*
*****
```

Media pluviometrica : 652.0619

Estacion : ALMADENEJOS

Temp.media : 15.6°C

Longitud : 4°42' W

Latitud : 38°44'

Altitud : 574

ARO HIDRICO

```
*****
* Enero      : 76.91428*
* Febrero    : 81.79048*
* Marzo      : 55.91429*
* Abril      : 56.77619*
* Mayo       : 47.96667*
* Junio      : 32.02381*
* Julio      : 12.90952*
* Agosto     : 4.295238*
* Septiembre : 29.75239*
* Octubre    : 47.73333*
* Noviembre  : 62.11905*
* Diciembre  : 85.69524*
*****
```

Media pluviometrica : 593.8905

Estacion : CHILLON

Temp.media : 15.6°C

Longitud : 4°48' W

Latitud : 38°48'

Altitud : 556

ARO HIDRICO

```
*****
* Enero      : 76.55238*
* Febrero    : 84.61905*
* Marzo      : 73.81429*
* Abril      : 64.92381*
* Mayo       : 42.52857*
* Junio      : 38.98095*
* Julio      : 12.14762*
* Agosto     : 7.395238*
* Septiembre : 34.34285*
* Octubre    : 54.89524*
* Noviembre  : 63.89523*
* Diciembre  : 69.52381*
*****
```

Media pluviometrica : 623.619

Estacion : GARGANTIEL

Temp.media : 15.6°C

Longitud : 4°47' W

Latitud : 38°51'

Altitud : 562

ARO HIDRICO

```
*****
* Enero      : 96.8 *
* Febrero    : 94.2 *
* Marzo      : 84.7 *
* Abril      : 60.5 *
* Mayo       : 46.2 *
* Junio      : 35.4 *
* Julio      : 5.8 *
* Agosto     : 7.7 *
* Septiembre : 32.8 *
* Octubre    : 58.8 *
* Noviembre  : 75.6 *
* Diciembre  : 88.2 *
*****
```

Media pluviometrica : 686.7

Estacion : VALDEMANCO C.P.C.

Temp. media : 15.6°C

Longitud : 4°42' W

Latitud : 38°48'

Altitud : 492

ARO HIDRICO

```
*****
* Enero      : 90.18094*
* Febrero    : 95.71905*
* Marzo      : 65.06191*
* Abril      : 66.30476*
* Mayo       : 53.88095*
* Junio      : 37 *
* Julio      : 9.195238*
* Agosto     : 6.766667*
* Septiembre : 33.61429*
* Octubre    : 50.70476*
* Noviembre  : 70.0762 *
* Diciembre  : 84.52858*
*****
```

Media pluviometrica : 663.0333

ESTACION CLIMATOLOGICA: ALMADEN (MINAS)

PERIODO: 1961-81

LONGITUD: 49 47' W

ALTURA: 557 m.

LATITUD : 38 47'

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
Temp.med.	17,0	10,6	7,0	6,4	0,0	10,7	13,4	17,2	22,2	26,5	26,4	22,8	
i	6,38	3,12	1,66	1,45	2,04	3,16	4,45	6,49	9,55	12,49	12,42	9,02	73,03
ε	2,1	1,0	0,5	0,4	0,6	1,0	1,4	2,2	3,3	4,5	4,5	3,4	
F	28,8	25,2	24,7	25,5	25,2	30,9	33,2	36,9	37,2	37,7	35,3	31,2	
ETP	60,5	25,2	12,3	10,2	15,1	30,9	46,5	81,2	122,8	169,6	150,8	106,1	839,2

Límite de reserva: 100 mm.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
P	55.6	64.4	80.7	85.9	93.4	66.1	69.3	39.6	40.4	10.5	8.7	37.2	651.8
ETP	60.5	25.2	12.3	10.2	15.1	30.9	46.5	81.2	122.8	169.6	158.8	106.1	839.2
Var. reserva	-4.9	+ 4.9	-	-	-	-	-	-41.6	-58.4	-	-	-	
Reserva	95.1	100	100	100	100	100	100	58.4	-	-	-	-	
ETR	60.5	25.2	12.3	10.2	15.1	30.9	46.5	81.2	98.8	10.5	8.7	37.2	437.1
Exceso	-	34.3	68.4	75.7	78.3	35.2	22.8	-	-	-	-	-	314.7
Deficit	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	159.1	150.1	68.9	402.1

TEMPERATURA MEDIA: 15.68

REGIMEN TERMICO: Subtropical cálido

REGIMEN HUMEDAD: Mediterráneo húmedo

TIPO CLIMATICO: Mediterráneo subtropical

(Clasificación según Papadakis)

ESTACION CLIMATOLOGICA: ALMADENEJOS

LONGITUD: 4° 42' W.

LATITUD: 38° 44'

PERIODO: 1961-81

ALTURA: 574 m.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
Temp.med.	17,0	10,6	7,0	6,4	8,0	10,7	13,4	17,2	22,2	26,5	26,4	22,6	
i	6,38	3,12	1,66	1,46	2,04	3,16	4,45	6,45	3,55	12,49	12,42	9,52	I = 73,03
ε	2,1	1,3	0,5	0,4	0,5	1,0	1,4	2,2	3,3	4,5	4,5	3,4	
F	28,8	25,2	24,8	25,5	25,2	30,9	33,1	36,9	37,2	37,6	35,2	31,2	
ETP	60,5	25,2	12,4	10,2	15,1	30,9	46,3	81,2	122,8	169,2	158,8	106,1	838,7

Límite de reserva: 100 mm.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
P	47.7	62.1	85.7	76.9	81.8	55.9	56.7	48.0	32.0	12.9	4.3	29.7	593.7
ETP	60.5	25.2	12.4	10.2	15.1	30.9	46.3	81.2	122.8	169.2	158.8	106.1	838.7
Var. reserva	-12.8	+12.8	-	-	-	-	-	-33.2	-66.8	-	-	-	
Reserva	87.2	100	100	100	100	100	100	66.8	-	-	-	-	
ETR	60.5	25.2	12.4	10.2	15.1	30.9	46.3	81.2	98.8	12.9	4.3	29.7	427.5
Exceso	-	24.1	73.3	66.7	66.7	25.0	10.4	-	-	-	-	-	266.2
Deficit	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	156.3	154.5	76.4	411.2

TEMPERATURA MEDIA: 15.6

REGIMEN TERMICO: Subtropical cálido

REGIMEN HUMEDAD: Mediterráneo húmedo

TIPO CLIMATICO: Mediterráneo subtropical

(Clasificación según Papadakis)

ESTACION CLIMATOLOGICA: CHILLON

PERIODO: 1961-81

LONGITUD: 49 48' W

ALTURA: 556 m.

LATITUD: 38 48'

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
Temp.med.	17,0	10,0	7,0	6,4	0,0	10,7	13,4	17,2	22,2	26,5	26,4	22,6	
i	5,38	3,12	1,66	1,45	2,04	3,16	4,45	6,49	9,55	12,49	12,42	9,82	I= 73.03
E	2,1	1,0	0,5	0,4	0,6	1,0	1,4	2,2	3,3	4,5	4,5	3,4	
F	23,8	25,2	24,7	25,5	25,2	30,9	33,2	36,9	37,2	37,7	35,3	31,2	
ETP	60,5	25,2	12,3	10,2	15,1	30,9	46,5	81,2	122,8	169,6	158,8	106,1	839,2

Límite de reserva: 100mm.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
P	54.9	63.9	69.5	76.5	84.6	73.8	64.9	42.5	39.0	12.1	7.4	34.3	623.4
ETP	60.5	25.2	12.3	10.2	15.1	30.9	46.5	81.2	122.8	169.6	158.8	106.1	839.2
Var. reserva	- 5.6	+5.6	-	-	-	-	-	-38.7	-61.3	-	-	-	
Reserva	94.4	100	100	100	100	100	100	61.3	-	-	-	-	
ETR	60.5	25.2	12.3	10.2	15.1	30.9	46.5	81.2	100.3	12.1	7.4	34.3	436.0
Exceso	-	33.1	57.2	66.3	69.5	42.9	18.4	-	-	-	-	-	287.4
Deficit	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	157.5	151.4	71.8	403.2

TEMPERATURA MEDIA: 15.68

REGIMEN TERMICO: Subtropical cálido

REGIMEN HUMEDAD: Mediterráneo húmedo

TIPO CLIMATICO: Mediterráneo subtropical

(Clasificación según Papadakis)

ESTACION CLIMATOLOGICA: GARCANTIEL

PERIODO: 1961-81

LONGITUD: 42° 42' W

ALTURA: 492 m.

LATITUD: 38° 48'

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	TOTAL AÑO
Temp.med.	17,0	10,5	7,0	6,4	8,0	10,7	13,4	17,2	22,2	26,5	26,4	22,6	
I	6,38	3,12	1,66	1,45	2,04	3,16	4,45	6,47	9,55	12,49	12,42	9,82	I = 73,03
E	2,1	1,0	0,5	0,4	0,6	1,0	1,4	2,2	3,3	4,5	4,5	3,4	
F	28,8	25,2	24,7	25,5	25,2	30,2	33,2	36,9	37,2	37,7	35,3	31,2	
ETP	60,5	25,2	12,3	10,2	15,1	30,9	46,5	81,2	122,8	169,6	158,8	106,1	839,2

Límite de reserva: 100 mm.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	TOTAL AÑO
P	50.7	70.1	84.5	90.2	95.7	65.1	66.3	53.9	37.0	9.2	6.8	33.6	663.1
ETP	60.5	25.2	12.3	10.2	15.1	30.9	46.5	81.2	122.8	169.6	158.8	106.1	839.2
Var. reserva	-9.8	+9.8	-	-	-	-	-	-27.3	-72.7	-	-	-	
Reserva	90.2	100	100	100	100	100	100	72.7	-	-	-	-	
ETR	60.5	25.2	12.3	10.2	15.1	30.9	46.5	81.2	109.7	9.2	6.8	33.6	441.2
Exceso	-	35.1	72.2	80.0	80.6	34.2	19.8	-	-	-	-	-	321.9
Deficit	-	-	-	-	-	-	-	-	13.1	160.4	152.0	72.5	398.0

TEMPERATURA MEDIA: 15.6°

REGIMEN TERMICO: Subtropical cálido

REGIMEN HUMEDAD: Mediterráneo húmedo

TIPO CLIMATICO: Mediterráneo subtropical

(Clasificación según Papadakis)

ESTACION CLIMATOLOGICA: VALDEMANCO C.P.C.

PERIODO: 1961-81

LONGITUD: 48° 47' W.

ALTURA: 562 m.

LATITUD: 38° 51'

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
Temp.med.	17,0	10,6	7,0	6,4	8,0	10,7	13,4	17,2	22,2	26,5	26,4	22,6	
i	6,38	3,12	1,66	1,45	2,04	3,16	4,45	6,49	9,55	12,49	12,42	9,82	I = 73,03
ε	2,1	1,0	0,5	0,4	0,6	1,0	1,4	2,2	3,3	4,5	4,5	3,8	
F	28,8	25,2	24,6	25,5	25,2	30,9	33,3	36,9	37,2	37,8	35,4	31,2	
ETP	60,5	25,2	12,3	10,2	15,1	30,9	46,6	81,2	122,8	170,1	159,3	106,1	840,3

Límite de reserva: 100 mm

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	TOTAL AÑO
P	58,8	75,6	88,2	96,8	94,2	84,7	60,5	46,2	35,4	5,8	7,7	32,8	686,7
ETP	60,5	25,2	12,3	10,2	15,1	30,9	46,6	81,2	122,8	170,1	158,3	106,1	840,3
Var. reserva	-1,7	+1,7	-	-	-	-	-	-35,0	-65,0	-	-	-	
Reserva	98,3	100	100	100	100	100	100	65,0	-	-	-	-	
ETR	60,5	25,2	12,3	10,2	15,1	30,9	46,6	81,2	100,4	5,8	7,7	32,8	428,7
Exceso	-	48,7	75,9	86,6	79,1	53,8	13,9	-	-	-	-	-	358,0
Deficit	-	-	-	-	-	-	-	-	22,4	164,3	151,6	73,3	411,6

TEMPERATURA MEDIA: 15,6°

REGIMEN TERMICO: Subtropical cálido

REGIMEN HUMEDAD: Mediterráneo húmedo

TIPO CLIMATICO: Mediterráneo subtropical

(Clasificación según Papadakis)

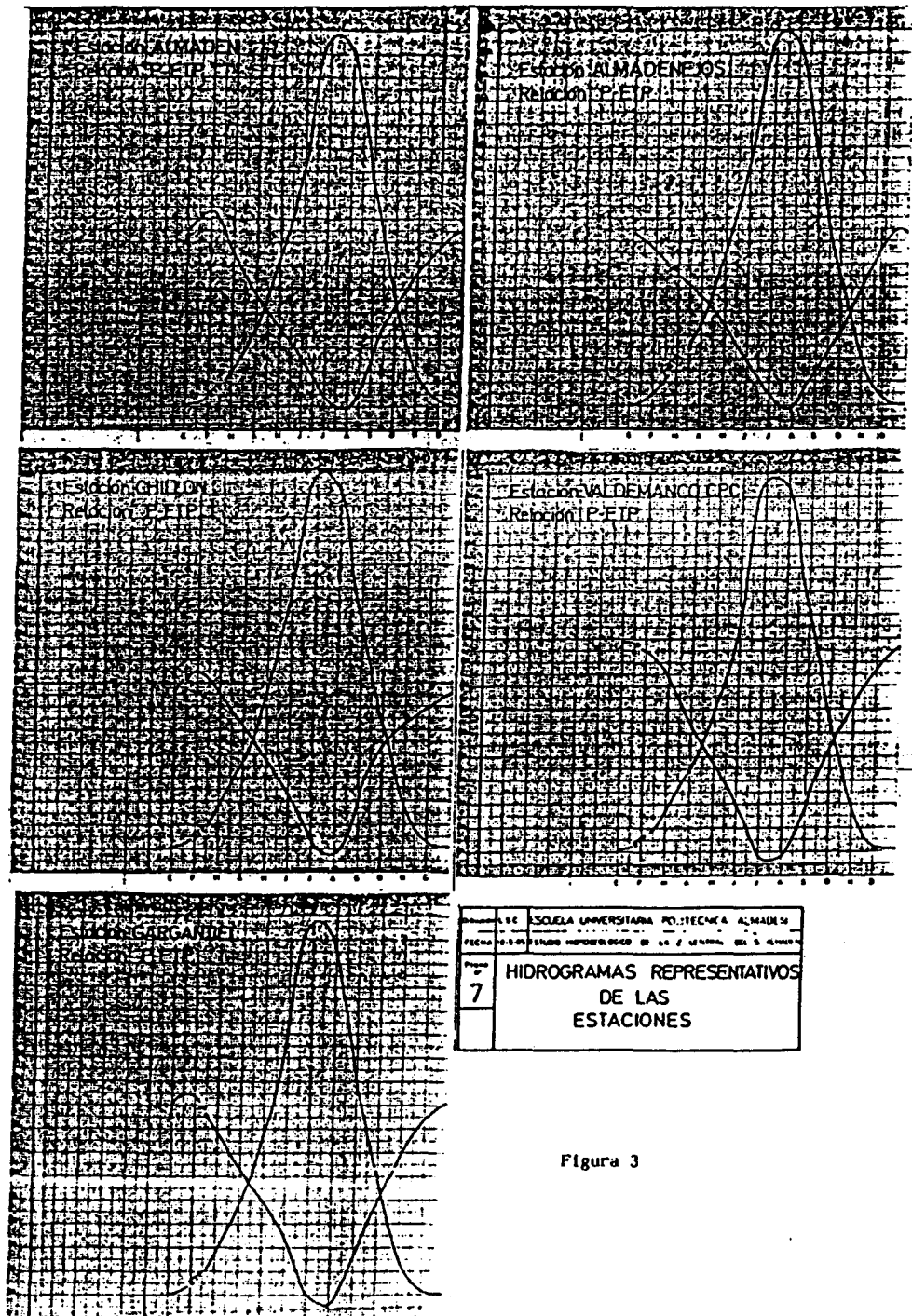


Figura 3

LA ASBESTOSIS: UNA ENFERMEDAD A ELIMINAR.

Por FERNANDO J. TERAN SIERRA.

Entre las enfermedades generadas por la absorción de polvo mineral (neumocnosis, en general) se encuentra la asbestosis, que se produce por inhalación de fibras de amianto, conocido por asbestos en los países anglosajones.

La asbestosis es una de las enfermedades más peligrosas de este tipo, con menor incidencia que la silicosis, ya que la presencia y uso del asbestos es inferior.

Produce la asbestosis una serie de alteraciones pulmonares anatómicas y funcionales de carácter crónico. Tiene gran incidencia en la generación de cáncer de pleura y, en menor cuantía, de cáncer broncogénico (de gran aparición en fumadores). A esta gravedad une el carácter de irreversible y el de su difícil diagnóstico.

La duración de la exposición intensa necesaria para causar la enfermedad es muy variable, desde 1 ó 2 años hasta 50 años. Incluso después de haberse suspendido la exposición, puede haber un período de retardo para la aparición de la enfermedad clínica. La muerte por asbestosis ha sobrevenido incluso 25 años después de la primera exposición intensa al amianto. Las fibras no refinadas, que varían de 0,3 a 2 cm de longitud,

son menos perjudiciales que las partículas refinadas más pequeñas, que miden de 20 a 100 micras de longitud y tienen forma de aguja. Dado que incluso estas partículas más pequeñas son bastante mayores que las de sílice, por ejemplo, no llegan a los alveolos, sino que tienden a detenerse en los bronquiolos terminales y respiratorios, donde se produce una reacción histiocítica y de células gigantes que, a su vez, origina fibrosis. De cuando en cuando, la reacción fibrosa obstruye las vías aéreas distales debido a una inflamación de dichas vías, con aumento de volumen por excesiva multiplicación celular del epitelio de revestimiento restante.

Las alteraciones se observan alrededor de los bronquiolos, principalmente en los lóbulos inferiores. Rara vez se observan en la asbestosis masas fusionadas extensas de fibrosis, como se aprecian en la silicosis. Se produce un engrosamiento notable de la membrana pleural, de manera que el pulmón puede quedar rodeado por una cápsula fibrosa rígida. A menudo desaparece el espacio pleural por adherencias.

El cuadro clínico de la asbestosis es bastante semejante al de la silicosis, y se caracteriza por la aparición insidiosa

de dificultades respiratorias con tos seca y persistente, dolores torácicos, cansancio, fatigas al menor ejercicio físico, y derrames pleurales. Tiene tendencia a progresar rápidamente, por lo regular de 5 a 10 años, y a veces conduce a la muerte en el término de un año tras la última exposición.

Al igual que la silicosis, la asbestosis predispone a la bronquitis crónica y al enfisema, si bien está algo aumentada la frecuencia de la tuberculosis entre los pacientes de asbestosis.

La asbestosis se adquiere preferentemente por los trabajadores que manipulan el amianto en sus distintas fases (extracción, transporte y elaboración de productos), teniendo mayor incidencia en aquellos que lo manipulan para la elaboración de aislantes e incombustibles.

De la producción total, unos cinco millones de toneladas anuales, se obtienen más de mil usos industriales, y se elaboran dos o tres mil productos que lo contienen. Conviene destacar que es un contaminante del medio ambiente, sobre todo de las proximidades de factorías donde se elabora.

El amianto era conocido ya en la antigüedad por griegos, tártaros y romanos, pero fue en el siglo pasado, con el descubrimiento -al este de Quebec (Canadá)- de unos ricos yacimientos de asbestos, cuando se inicia la explotación industrial intensiva y se van descubriendo las múltiples aplicaciones que hoy tiene. Por cuanto el amianto resiste perfectamente temperaturas superiores a los 2.500 grados, necesitan de su empleo en numerosos casos en que se precisa incombustibilidad del producto, desde la industria aeroespacial hasta la de instrumentos y útiles corrientes. Esto, unido a su bajo precio, hace que nuestra sociedad tenga una dependencia del amianto proporcionalmente similar a la que tiene del petróleo, siendo de destacar entre sus variados usos su empleo en derivados del cemento, tuberías, tejas, chimeneas, etc., mediante mezcla de amianto con cemento (fibrocemento); textiles incombustibles (trajes, fundas, etc.); en la automoción (forro de frenos, acumuladores y embragues); industria del papel (caucho y planchas para juntas); así como para aislamiento

en la construcción.

Las dos clases de amianto o asbestos, entre otras, más empleadas en la industria son el amianto blanco (grupo serpentina: crisólito) y el amianto azul (grupo anfíbolo: crocidolita), y en menor cantidad el amianto pardo. Los yacimientos se encuentran en Canadá y Rusia (amianto blanco) y en Sudáfrica (amianto azul). De los cinco millones de toneladas, el 93% es para la variedad blanca y el resto para la azul, y se da la circunstancia de que el amianto azul es el más peligroso y con mayor poder cancerígeno aunque, por su composición, es el más resistente a los ácidos.

La asbestosis fue detectada por primera vez en Charing Cross por el Dr. Murray, en 1900. El primer caso diagnosticado en España corresponde al Dr. Parada, en 1984; y el segundo al Dr. López-Areal, en 1953; pero hasta la década de los 70 no se comienza a tener un equipo médico capacitado para diagnosticar la asbestosis.

La incidencia de la asbestosis no sólo debe encuadrarse entre los trabajadores que tienen un contacto directo con el amianto, sino también en la población próxima a las fábricas y minas, en los astilleros donde se elaboran embarcaciones ligeras de fibra, así como en los núcleos urbanos en cuyas tuberías de conducción de agua se emplee el amianto, pues pueden desprenderse partículas si el agua presenta un fuerte grado de acidez, así como sacos que guardan productos comestibles. Pero es, no obstante, su utilización industrial la más peligrosa.

En cuanto a la legislación existente, son los ingleses -pioneros en la detección y regulación de las enfermedades del amianto- los que marcan la pauta. Ya en 1968 se colocó el límite del empolvamiento en dos millones de partículas por pie cúbico. Cuando el empolvamiento fuese medido por métodos gravimétricos, el límite era de 0,1 miligramos por metro cúbico. Posteriormente, se recomendó que los valores límite de empolvamiento fuesen obtenidos por el conteo de fibras por milímetro (1 milímetro = 1 centímetro cúbico), usando el método de membrana filtrante con observación microscópica con iluminación de contraste de fase, objetivo de 4 milímetros y aumento de 400-450 X. Cifraron el valor límite

(TLV Threshold Limit Value) en 12 fibras por centímetro cúbico. Siempre que estos límites son rebasados, son obligatorias las medidas de protección respiratoria personal del obrero. Además, salvo casos muy excepcionales, está prohibido trabajar con amianto azul. Estas medidas han sido tomadas por Estados Unidos en 1976.

En España, la legislación es muy dispersa y, frente a intentos sistemáticos, nos encontramos con normas de distinto rango que, desde diferentes puntos de vista, tocan el tema de la enfermedad profesional y de su prevención.

Comenzó a legislarse la neumoconiosis por sílice en el año 1935, creando el Consorcio del Plomo, con un Patronato que había de recabar fondos con el exclusivo fin de sufragar gastos de asistencia médica a los mineros que contrajesen silicosis. El 13 de Julio de 1936 se promulga una ley de enfermedades profesionales. En el año 1942 se establece el Seguro de Silicosis y, dos años más tarde, se incluye en él a la minería del carbón, haciéndose obligatoria la declaración de enfermedad profesional.

En esa misma fecha, 1944, se crean los Comités de Higiene y Seguridad del Trabajo en las Industrias, entre cuyas funciones está la vigilancia de cumplimiento de lo legislado sobre seguridad e higiene en el trabajo, cuidando la adopción de medios y medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores, la investigación de los accidentes y enfermedades profesionales, su estadística, etc. Los acuerdos de estos Comités, elevados a la dirección de la empresa, adquieren carácter ejecutivo y a la Inspección del Trabajo le corresponde actuar de asesora y señalar y sancionar las infracciones.

El Seguro de Enfermedades Profesionales se decreta en Enero de 1947 y su reglamento dos años después. En su artículo 2º se expone un cuadro de enfermedades con 16 epígrafes, de los cuales el primero se refiere a las neumoconiosis (silicosis, asbestosis, entracosis, siderosis, ...) y a otras enfermedades producidas por el polvo (cannabosis, asma profesional). Este cuadro ha sido posteriormente reformado y en 1961 se expone el cuadro actualmente en vigor, que contiene más de treinta

epígrafes, ocupando las neumoconiosis cuatro de ellos: nº 24 (silicosis), nº 25 (asbestosis), nº 26 (cannabosis y bagazosis) y nº 27 (otras neumoconiosis fibrólicas: hierro, aluminio, talco y caolín).

La Junta Administrativa del Seguro de Enfermedades Profesionales se denomina desde entonces 'Fondo Compensador', que tiene administración propia y se ocupa de la economía de la siniestralidad, de la revisión de las incapacidades por vía administrativa, de vigilar el cumplimiento de las prestaciones sanitarias, de revalorizar las pensiones, etc.

En Enero de 1963 y Diciembre de 1965, por órdenes del Ministerio de Trabajo, se aprueban muchas, aunque no todas, de las 'Normas reglamentarias de carácter médico para el reconocimiento, diagnóstico y calificación de las enfermedades profesionales' que debe conocer todo médico del trabajo o que haya de arbitrar una reclamación laboral a este respecto.

El Reglamento Técnico del Amianto es de fecha 7 de Marzo de 1962 y durante 22 años no fue revisado. Hace 2 años, después de la larga inactividad citada anteriormente, se han adoptado las medidas que se reglamentan en la mayoría de los países europeos.

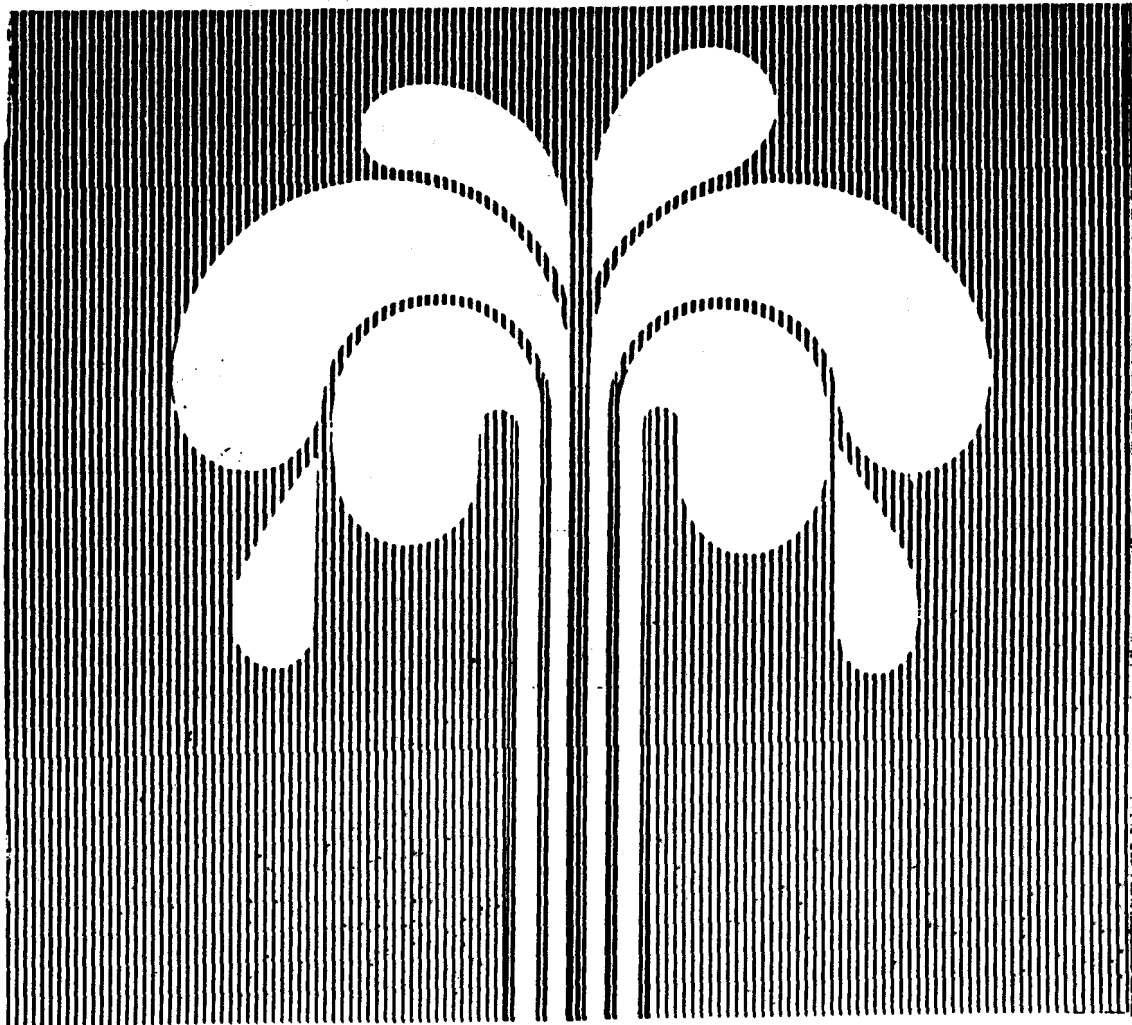
Esta normativa legal establece que el mineral debe transportarse mojado, embalado y en contenedores cerrados para evitar su difusión por el aire. De igual forma, fija el límite en 2 fibras por centímetro cúbico. En cuanto a las medidas de seguridad que afectan directamente a los trabajadores, el reglamento especifica que estos deben manejar el material con una protección adecuada, fundamentalmente una mascarilla que impida la inspiración de partículas. Después del trabajo es imprescindible una ducha anterior al cambio de ropa. Los vestuarios tendrán dos taquillas para cada operario: una para la ropa de calle y otra para la de trabajo. Esta última debe ser lavada en la propia empresa para evitar riesgos a los familiares. Los residuos deben transportarse en contenedores cerrados y sellarse posteriormente con tierra. Los trabajadores deben someterse cada seis meses a un reconocimiento médico en la propia empresa. En los casos conflictivos, y para obtener una

confirmación oficial, se les envía a un centro especializado en enfermedades profesionales. Actualmente es el Pabellón 8 de la Universidad Complutense de Madrid.

Se prevee que a partir del 1º de Enero de 1987 se prohibirá el uso del amianto azul o crocidolita.

La solución más satisfactoria para todos es la progresiva sustitución del amianto por otros materiales, aunque presente algunos problemas esta sustitución en determinados casos, como es en las tuberías de alta presión de más de 200 milímetros de diámetro. Deben buscarse alternativas a corto plazo.

XIX CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA



MINISTERIO DE INDUSTRIA
Y ENERGIA

MINISTERIO DE EDUCACION
Y CIENCIA

OBSERVACIONES SOBRE LAS PRACTICAS EN LAS MINAS DE ALMADEN EN ESPAÑA PARA LA EXTRACCION DE MERCURIO. Y SOBRE EL TIPO DE ENFERMEDADES DE LOS QUE TRABAJAN ALLI.

Por M. de Jussieu. (1.719)

El uso de la plata líquida, también conocida como mercurio, en las artes y sobre todo en la purificación del oro y la plata (1), ha hecho que los dirigentes, en las tierras donde se encuentra este mineral, estén más atentos a los medios de incrementar la producción y, para los que no están familiarizados con los procesos, un examen de este trabajo será tan curioso como interesante.

Es en este sentido que, para sacar una máxima ventaja a un viaje a España, a la que el Rey y Su Alteza Real el Duque de Orleans me habían enviado en favor de los Jardines Botánicos, me pareció apropiado examinar la explotación de las minas más viejas y ricas de Europa, lo que he hecho con el gentil permiso de Su Majestad Católica, para traer conocimiento a Francia en el caso de descubrimiento de una mina de este tipo.

La Mina de Almadén, de la que voy a hablar, toma su nombre de un pueblo de una pequeña provincia de España conocida como La Mancha (2), limitada por Extremadura al Oeste y situada a los pies de Sierra Morena o Montes Negros, que están al Sur.

El pueblo está situado en la ladera y cima de una montaña al pie

de la cual, en el lado Sur, hay cinco aberturas que llevan por caminos subterráneos a los lugares donde se extrae el cinabrio.

Hay pocas evidencias de esta mina. Ni tierras del extraordinario color característico del mineral que se encuentra en sus profundidades, ni los montones de roca que normalmente dificultan la entrada, ni ningún olor sensible.

De estas cinco aberturas, hay dos que están rodeadas por muros que forman dos grandes patios, uno de los cuales contiene las fraguas que sirven para la fabricación de las herramientas de hierro usadas en la explotación de la mina, y barracas bajo las cuales se hacen los trabajos de carpintería necesarios para esta obra.

En el otro patio, que está a una distancia de unos pasos del primero hacia el pueblo, hay un agujero excavado muy hondo, que lleva a uno de los lugares más profundos de la mina. Por esta abertura se pasan las vigas y entibos que se bajan por medio de una grúa y se usan para sostener la tierra. Por la misma grúa se saca el mineral de la mina para ser transportado en carretas a la primera abertura, que es también la entrada para los trabajadores.

En el segundo patio hay una larga pieza de madera colocada horizontalmente sobre un eje en el medio, y elevada medio pie sobre el suelo. Aquí se pesa el mineral extraído de la mina, y se paga a los mineros según el peso.

La tercera abertura, que está a cierta distancia de la primera y casi en la misma línea, está cerrada con un edificio que sirve como prisión para convictos condenados a las minas, y a través de esta abertura pueden bajar y subir de la mina.

La cuarta, que está en la cima de la montaña en el pueblo mismo, no se usa para entrar excepto en circunstancias anómalas.

Finalmente, la quinta, que está junto a la primera y en el mismo patio, siempre está cerrada, y nunca se abre excepto para aquellos afectados con dolor de reumatismo, porque lleva a un lugar de donde sale un vapor tan cálido que puede producir en ellos una benigna exudación.

Una característica poco corriente de esta mina es la forma en que las galerías que llevan a las explotaciones abandonadas están llenas con tierra de las explotaciones activas, con lo que se evita el transporte distante de estériles. Estos también se usan para rellenar cavidades, que no se dan con frecuencia en estos lugares subterráneos (3).

En cuanto a las galerías que llevan a las explotaciones, su estructura es de una gran sencillez. Están excavadas a 7 pies de altura y 4 ó 5 de ancho. Se toma la precaución de sujetar los techos con rollizos de roble colocados sobre dos columnas de la misma madera apuntaladas contra las dos paredes de la galería.

El suelo de las galerías no tiene la humedad que se encuentra normalmente en las minas porque los mineros tienen la precaución de hacer al pie de una de las paredes un canal que sigue hasta el exterior de las minas, conduciendo el agua a un agujero excavado. El canal y los centros del piso de las galerías se cubren con tablones unidos extremo con extremo, hasta el exterior del tajo.

El camino a nivel que forman estos tablones facilita el movimiento

de ciertos carros pequeños con cuatro ruedas que se cargan con 3 ó 4 cestos llenos de mineral. Los trabajadores los hacen rodar empujando.

Las vetas que aparecen al fondo del pozo donde trabajan los mineros son de tres clases.

La más común es roca pura, de color grisáceo en el exterior entrevetado de rojo, blanco y cristales en el interior.

Esta primera puede contener inclusiones de una segunda que es muy roja, acercándose al color del plomo rojo.

El tercer tipo es denso, muy pesado, duro y granoso, de un rojo ladrillo apagado, salpicado con infinidad de pequeños destellos plateados (4).

Entre estas tres clases de vetas en la mina, que son las únicas aprovechables, se encuentran otras rocas de color grisáceo o pizarroso, y dos clases de tierra que son gransientas y untuosas, las blancas y las grises, que se rechazan.

La selección de fragmentos de los tres tipos de mineral de la mina que acabo de describir se transporta a un parque a las afueras del pueblo sobre la cima de la montaña en el lado oeste, donde se han construido varios hornos para la separación del mercurio.

Estos hornos, que van unidos de dos en dos, forman un largo edificio rectangular, de unos 12 pies de altura, cuyo interior, que no tiene más de 4 pies y medio, semeja nuestros hornos de caliza (5).

Su hogar, que tiene unos 5 pies de altura, está diseñado para el emplazamiento de la leña; el espacio desde la parrilla hasta la bóveda tiene unos 7 pies, y sirve para contener los fragmentos de las tres clases de mineral que he descrito. Los de la primera, que son del tamaño de nuestros melones, se colocan inmediatamente sobre el enrejado, a través de una puerta que se abre lateralmente y al nivel de la parrilla. Los de la tercera clase, que son de tamaño más pequeño, se colocan entre los primeros y encima de ellos. Finalmente, los del segundo tipo, que no pueden introducirse a través de la puerta de la parrilla, se introducen por la abertura de la bóveda. Y como estos últimos son los más pequeños, porque sus vetas se fracturan fácilmente, con mezclados con la tierra grasienda y la mezcla se transforma en bolas y

hogazas cuadradas que se dejan secar y después se colocan en la parte superior del horno.

El horno, pues, se llena dejando libre una profundidad de un pie y medio, lo que permite la circulación de vapores. La puerta que accede a la parrilla, así como la bóveda, se sellan con ladrillos, después de lo cual se enciende un fuego de leña en el hogar, desde donde el humo sale a través de un tiro situado en el espacio de manera práctica, construido en la pared que contiene la puerta del hogar. Este sigue como chimenea hasta una altura de 2 ó 3 pies sobre el edificio.

La parte trasera del horno, que es el lado opuesto a la abertura del hogar, está sujeta por una terraza en toda su altura excepto un pie y medio; a medio pie sobre la terraza está atravesado por seis respiraderos, de 7 pulgadas de diámetro cada uno, colocados en línea horizontal.

Esta terraza, que no tiene más de 5 brazas de longitud, termina en otro pequeño edificio que mira a la parte posterior de los hornos. Su superficie, que está pavimentada, desciende desde cada extremo, donde conecta con los edificios, en una pendiente gradual que forma un canal en la mitad del espacio.

La finalidad de la terraza es sostener un número de recipientes de barro que están abiertos a cada extremo. Tienen un diámetro de medio pie por dos de largo, y se colocan en línea desde los seis respiraderos de los dos hornos hasta el pie de la pared que es la fachada del pequeño edificio, recordando grandes sartas de perlas.

Por medio de estos recipientes se llevan los vapores sulfurosos y mercuriales, calentados a fuego fuerte (6) durante 13 ó 14 horas, al pequeño edificio de enfrente, desde donde los humos escapan a través de 4 tiros de chimenea que están abiertos, después de haber depositado en los recipientes la parte más pesada que es el mercurio purificado.

Se dejan enfriar los hornos tres días, después de lo cual se separan los recipientes y el mercurio se vierte en una cámara cuadrada con lados inclinados que tienen un pequeño agujero en el

centro.

En su circular desde los bordes de esta cámara hacia el agujero, el mercurio se separa de un polvo negro que se une a la superficie de la cámara. Las mujeres lo barren hacia arriba.

La finalidad del canal de la terraza es recoger todo el mercurio que se ha escapado de aquellos recipientes que no estaban unidos adecuadamente y cuando se vacían los recipientes.

Y las 4 cámaras del pequeño edificio al final de la terraza, que reciben el humo, también recogen mercurio igual que en los recipientes. A estas cámaras se entra por ventanas que están firmemente cerradas durante la operación con ladrillos.

La cantidad de mercurio que una carga de trozos de las tres clases de mineral de esta mina puede dar en una sola tostación puede llegar a un peso de 2.500 libras (7), a veces 3.000, e incluso hasta 6.000, aunque esta cantidad nunca se ha sobrepasado.

El mercurio producido en cada tostación se lleva a un almacén en el mismo parque, donde se envasa en odres de piel de oveja suspendidos sobre vasijas de barro antes de su embarque a México. En 1.717 se contenían en este almacén casi 2.500.000 libras, el resto de una cantidad mucho mayor enviada a Sevilla (8).

Me gustaría hacer aquí algunas aclaraciones sobre la calidad de las diferentes clases de cinabrio de las que Plinio ha hablado tan ampliamente en el capítulo 7 del Libro 33 de su 'Historia', y anotar que la mina de cinabrio española de la que él dice que los romanos estaban tan celosos, y de la que transportaban a Roma casi 10.000 libras por año para prepararlo para usarlo en sus pinturas y en sus afeites (9), era de hecho la Mina de Almadén; afirmo esto no sólo porque la calidad del mineral de esta mina como se encuentra hoy se parece al descrito por Plinio con su color rojo vivo, sino también por su localización que él situó en la Bética, que hoy es La Mancha, y por la tradición del lugar. Pero prefiero ahora hacer algunas observaciones sobre lo que me indujo a esta discusión.

Lo primero, que me parece tan efectivo como simple, es el modo en que se prueba una muestra para juzgar

si contiene mercurio, y para determinar la cantidad.

Se elige un trozo de la piedra que uno sospecha que tiene mercurio por su peso y color, y se calienta en un fuego al rojo vivo y se deja allí hasta que toma un tono azulado; entonces se retira, todavía caliente, y se coloca bajo un cristal con forma de campana, a través del cual pueden verse los humos exudados; y si estos se condensan en gotitas plateadas en las paredes de la vasija, y después corren, es seguro que la roca contiene mercurio.

Yo he hecho esta prueba de otra forma más fácil para descubrir si algún trozo de cinabrio ha sido adulterado. Se pulveriza y se arroja el polvo a las brasas de carbón; el color de la llama sirve para indicar la pureza del mineral o la naturaleza del material extraño usado para alterarlo. Porque, si es puro, la llama será azul tendiendo a violeta con apenas olor, mientras que, si esta llama tiene hacia rojo, es señal de que el trozo de cinabrio se adulteró con plomo rojo fundido. Si la incineración del material produce una especie de burbujeo junto con un humo oloroso, esto probará que la muestra se mezcló con la goma roja llamada "sangre de dragón".

En segundo lugar, en cuanto a los lugares donde trabajan los mineros rompiendo la roca, incluso en las vetas más ricas, nunca he visto que pueda encontrarse una cantidad de mercurio corriendo como se puede imaginar (10), y si a veces aparecen unas cuantas onzas, es sólo un efecto de la violencia de los golpes de los mineros sobre la roca con sus herramientas de hierro, o del calor y fuerza de la pólvora usada para explotar estas minas.

En tercer lugar, siendo informado y habiéndolo examinado por mí mismo, nunca he encontrado ningún otro mineral en estas minas a pesar de la idea de algunos químicos, que creen que el mercurio es el príncipe de los metales. Yo he aprendido que no hay ningún otro ni he visto ninguno.

Mi cuarta observación se refiere al método de separar el mercurio del cinabrio, que es bastante distinto del usado por los españoles en Perú,

y no guarda relación con la práctica de los italianos en las minas de Frioul. Así en Huancavélica, la famosa mina de mercurio de Perú, esta operación se hace en pequeños hornos, que no son sino una especie de miniatura de los de Almadén. Esto requiere que los trabajadores de ese país enfrien sus recipientes con cierta cantidad de agua que ponen dentro, y también que los rieguen por el exterior durante la operación del fuego para aumentar la condensación del vapor de mercurio, en contraste con Almadén, donde la longitud de las líneas de recipientes, de un extremo a otro de la terraza, da suficiente enfriamiento.

Ya que esta operación en las minas de Frioul es mucho más trabajosa, produce menos, y requiere mucho tiempo y un buen número de trabajadores para la cantidad de lavados del cinabrio pulverizado naturalmente, para separarlo por su peso. Después de esto, el cinabrio se coloca en retortas. Esto es en comparación con Almadén, donde tres hombres, en tres días y con un escaso costo, pueden quemar una carga que produce 3.000 libras de mercurio.

En quinto lugar, otro aspecto que vale la pena destacar en la operación de Almadén es su éxito, sin usar ningún intermediario, ni siquiera las limaduras de hierro que se tiene por costumbre usar en otros sitios, en la purificación del mercurio sin pérdida de este mineral. Este logro español de Almadén al mezclar el mineral y la tierra de la mina, sirviendo ésta para retener y ocluir la parte sulfurosa del mercurio a menos costo que usando limaduras en una retorta.

Me parece no menos importante prestar atención a los efectos que los vapores de mercurio pueden tener en aquellos cuerpos que están en contacto con ellos en su atmósfera, es decir, en los hombres que trabajan en estas minas; especialmente atrae mi atención el interés que normalmente se tiene en los vapores exudados por este mineral. Pero he aprendido que este interés debería nominarse entre los que son errores populares, en tanto en cuanto lejos de ser estériles, en la tierra que está sobre estas minas crece abundante grano y muchas clases de plantas que no participan en absoluto de la maldad arsénica del

mercurio que encierra esta montaña en tan gran cantidad. Más aún, los manantiales de la ladera norte de la montaña suministran agua potable a la gente de la zona y nunca les es desagradable (11).

El humo emitido por las chimeneas de los edificios opuestos a los hornos cuando están en funcionamiento, en la zona donde se descarga y donde el efecto debería ser más pernicioso, ni causa cambios en los árboles vecinos ni es detectable para los aldeanos que viven más cerca de estos hornos, excepto bajo circunstancias extraordinarias (12).

Es cierto que el cinabrio natural dado internamente a veces produce efectos tales como vómitos o cólico bastante contrarios al beneficio esperado, en aquellos que lo han ingerido, pero estos síntomas pueden atribuirse a una falta de precaución al elegir un cinabrio de la calidad del de la primera veta que he descrito, en el que se mezcla ácido sulfúrico, en lugar de los cinabrios seleccionados que tienen el carácter de las vetas segunda o tercera que he señalado que son más puros.

En cuanto a las enfermedades atribuidas al lugar subterráneo donde los mineros están trabajando, he señalado que a menudo nos equivocamos al atribuir las a los vapores que escapan sólo de esta clase de mina más que de cualquier otra explotación subterránea incluyendo cualquier otra mina metálica, porque habiendo estado en otros lugares subterráneos en la misma estación, en invierno, y sobre todo en las canteras de S. Leu de Ceran cerca de Chantilly que están excavadas muy profundo bajo la tierra, fui sorprendido desde lejos por un olor desagradable que no era el sudor de los hombres trabajando, y experimenté una dificultad al respirar y dolores en los miembros, lo que no se parece en nada a lo que experimenté en las minas de Almadén. Pero al mismo tiempo estoy convencido de que sensaciones tan diferentes son consecuencias naturales de estos tipos de lugares, del aire que es caliente y frío, seco y húmedo, como en algunas de estas galerías; como he señalado al principio de esta Memoria, hay agujeros tan cálidos que

sirven como cuartos para sudar ciertas enfermedades en las que se requiere que el paciente sude.

Otro error respecto a la causa de las enfermedades de los que trabajan en las minas de mercurio es creer que es el resultado de la continua inhalación del vapor desprendido allí. Uno se disuade de este prejuicio al comparar el estado de los mineros que trabajan libremente en las minas con el de los prisioneros y esclavos que son confinados allí. Los primeros, al salir de la mina, se quitan todas sus ropas de trabajo, cambiando se de pies a cabeza, sobre todo las botas (13), y por tanto conservan su salud y alcanzan la misma edad que otros hombres, en comparación con los pobres infortunados cuya miseria nunca les permite cambiarse de ropa y que toman sus comidas en las minas, donde tocan los alimentos sin levarse; estos están sujetos a parótidas inflamadas, úlcera, salivación excesiva y a pústulas abiertas en sus cuerpos. Se ha visto que las enfermedades son el efecto del contacto, o mejor, de la entrada de partículas de mercurio a través de la piel, muy parecido a los que reciben tratamientos mercuriales.

La práctica de la medicina en Almadén es bastante diferente de la que se usa normalmente para combatir estos síntomas, que es recurrir a purgativos y sangrías. Todo lo que se usa para curar estos tipos de enfermedades es la exposición al aire fresco, y el uso único de simples absorbentes, tales como asta de ciervo quemada, marfil y ojos de cangrejo de río (14). Un aspecto singular de esta cura es que casi siempre tiene éxito con sujetos sobrios, que se abstienen del vino, mientras que los que no lo son perecen sin recurso (15). En cuanto a los prisioneros y esclavos que entran en las minas y que sufren ataques de cualquier enfermedad venérea, hay ejemplos de ellos que se han curado (16).

Naturalmente, debe señalarse que la suciedad, la intemperancia en el beber y la continuidad del contacto con mercurio pueden causar en estos mineros, tras varios años de trabajo, los temblores por los que son atacados; estos no son continuos, pero se hacen más o menos evidentes cuando están más

o menos nerviosos o asustados. Estos tristes efectos provienen del peso de las partículas de mercurio en las venas del cerebro, que las vuelven varicosas. Este efecto es igual que el visto en aquellos a quienes se ha aplicado mercurio incorrectamente y en una cantidad demasiado grande.

Estas observaciones sobre el modo de explotar una mina de cinabrio, sobre la tarea de extraerlo de la tierra

que lo cubre, sobre la construcción de los hornos, sobre el método de almacenaje de estos, y sobre los recipientes condensadores en los que se obtiene el mercurio no parecerán inútiles a nadie que desee hacer uso del cinabrio encontrado alrededor de St. Lo en Normandía, ni la descripción de los medios para prevenir la enfermedad, que se les avisa puede ocurrir a los que llevan a cabo este trabajo, que quizá lo intentan lo más intrépidamente.

NOTAS DEL PRIMER TRADUCTOR, R. H. WILSON.

- (1) Cantidades incalculables se embarcaron hacia el Nuevo Mundo para usarlo en el proceso de separación por amalgamación. Adecuado sólo para minerales nativos, el mineral se machaca y es mezclado con el mercurio, en el que se disuelve el oro o la plata. Se evapora el mercurio, dejando el metal deseado.
- (2) Ahora Ciudad Real. La Mancha es una región, más que una provincia.
- (3) Esta es una clásica mina de roca dura y el desprendimiento es todavía un suceso poco corriente.
- (4) El cinabrio se encuentra en pizarra, cuarcita y pórfidos. No hay diferencia real entre las tres vetas excepto en riqueza. La tercera clase es tan rica, sin embargo, que a veces en una fractura aparecen numerosas micro-gotitas de mercurio elemental. Los "destellos plateados, sin embargo, son atribuibles a diminutos cristales de cuarzo donde el cinabrio se encuentra en una matriz de cuarcita. Muy raramente en algunas de las explotaciones más antiguas, se encontraron pequeños depósitos de cinabrio casi puro (75 + % Hg).
- (5) Uno de estos hornos, inventado por Juan Alonso Bustamante de Perú, se preserva en el Establecimiento actualmente. Fue construido en 1.646.
- (6) Obtener madera suficiente debe haber sido casi tan difícil como extraer el mineral. Los bosques más cercanos están ahora a muchos kilómetros al Sur, en Sierra Morena, y la naturaleza de los árboles que crecen en esta árida región implica que nunca hubo una cantidad significativa de combustible cercano.
- (7) Por otras indicaciones, estas cantidades están en libras, pero no se ha determinado si la libra del siglo 18 es equivalente a la nuestra.
- (8) Por transporte marítimo al Nuevo Mundo.
- (9) El cinabrio puro molido tiene un notable y bonito color, y se usaba cosméticamente para colores de la cara y los labios.
- (10) Sin embargo, hay un área en las profundidades actuales en que los guías hacen un alto para mostrárselo a los visitantes, donde se ha encontrado un pequeño depósito de Hg_2S . Esta forma es inestable con el aire, y el mercurio elemental gotea constantemente como un grifo con fuga desde la pared rocosa. Un charco de medio litro o así se acumula bajo este depósito y se saca de cuando en cuando.
- (11) El agua potable se saca ahora de pozos a unos 20 Km. al noreste de Almadén y se almacena en el pueblo en un aljibe cerrado.
- (12) Naturalmente, hoy en día la producción es mucho mayor y hay alguna evidencia de salpicaduras por SO_2 cerca de

los hornos. Bajo ciertas condiciones micrometeorológicas el olor del SO_2 es prontamente detectable en zonas residenciales; afortunadamente estas condiciones no son normales.

- (13) Curiosamente, a pesar de las excelentes instalaciones realizadas por la Administración de las Minas, los trabajadores hoy en día no se cambian de ropa, van directamente

a casa con la misma ropa, monos y botas que usan bajo tierra.

- (14) No está claro si estos mágicos tratamientos se usan tópicamente o internamente.

- (15) No se mencionan las diferencias de susceptibilidad al mercurialismo entre los que beben y los que no.

- (16) Anterior por siglos a William Ehrlich.

Traducción de la versión inglesa, de R.H. Wilson, de un artículo que apareció en "Mémoires de l'Académie Royale de Sciences", 15-11-1719, París,

por M^a Concepción AVILERO NIETO

MINERALES, FOSILES Y GEMAS



MUSEO DE LA ESCUELA
TECNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE MINAS DE
MADRID

JORNADAS SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA EN LAS ESCUELAS UNIVERSITARIAS DE INGENIERIA TECNICA MINERA.

PUCHE RIART, O. Dpto. de Geología E.I.T. Minera de Almadén
PARRA SALMERON, R. Dpto. de Geología E.I.T. Minera de Linares

RESUMEN:

En el Simposio sobre la Enseñanza de Geología, celebrado en Barcelona en Septiembre del 84, entraron en contacto algunos profesores de Linares y Manresa, planteándose realizar unos encuentros entre los que practican la docencia geológica en las Escuelas de Minas. Estos encuentros fueron factibles y dieron sus frutos. Hoy en día se han realizado seis reuniones: una en Linares, una en Madrid, una en Belmez y tres en Almadén, estando pendiente una próxima en Madrid. Esto supone una experiencia didáctica única a nivel nacional, que se ha traducido en un mejor conocimiento de la realidad actual de la enseñanza geológica en nuestros centros.

EL NACIMIENTO DE LAS JORNADAS.

En el Simposio sobre Enseñantes de la Geología, algunos profesores de las Cátedras de Geología de las Escuelas de Ingeniería Técnica Minera de Manresa y Linares coincidieron en la escuela manresana, se cotejaron programas y actividades, apreciándose una gran disparidad de criterios. Esto les llevó a pensar en la necesidad de una labor homogeneizadora y de contactos periódicos entre los diversos centros mineros.

En principio, y de común acuerdo, se sugirió celebrar una reunión invitando a todos los profesores de Geología de las Escuelas de Minas, a ser posible durante ese mismo curso, en el mes

Febrero, en la ciudad de Linares. También se pensó realizar alguna visita a la cuenca minera, como complemento de dicha reunión.

Después de varios contactos telefónicos y por carta, se fijaron definitivamente las fechas del 19 y 20 de febrero de 1985 y se propusieron los siguientes temas:

- a) Actualización y coordinación de los programas de las asignaturas que dependen de las Cátedras de Geología.
- b) Intercambio de experiencias.
- c) Problemas derivados del excesivo número de asignaturas que dependen de las Cátedras de Geología.
- d) Problemas derivados del paso de la estructuración actual a la departamental.

Tras sucesivos preparativos, ya

estaba todo listo para el primer encuentro.

LAS PRIMERAS JORNADAS.

Nos reunimos miembros de varias Escuelas y, de común acuerdo, constituimos las Jornadas de Enseñantes de Geología de las Escuelas de Ingeniería Técnica Minera.

El objeto de la asamblea había sido el intercambio de información respecto a programas, horarios, medios pedagógicos, etc., además de una toma de contacto a nivel personal, para tratar de conocer la problemática real de las enseñanzas geológicas en las Escuelas, cosa que se cumplió plenamente. Y, tras varias sesiones de trabajo, llegamos a una serie de conclusiones:

- a) Existe la necesidad de una relación permanente y estrecha entre los enseñantes de Geología. A tal efecto, se ha decidido proseguir celebrando estas reuniones. Las II Jornadas sobre la Enseñanza de la Geología en las Escuelas de Ingeniería Técnica Minera se celebrarán en Madrid, los días 29 y 30 de Abril, en la sede social del Consejo Superior de Ingenieros Técnicos de Minas de España.
- b) Efectuar un esfuerzo de actualización y unificación, en el mayor grado posible, de las asignaturas impartidas, así como de los programas de cada una de ellas, en las diferentes Escuelas.
- c) Procurar unificar el número de horas impartidas para que los programas se desarrollen paralelamente y en su totalidad a lo largo del curso.
- d) Tratar de buscar las dotaciones suficientes para que las Cátedras de Geología puedan llevar a cabo una labor investigadora y creativa, así como para completar la enseñanza con salidas al campo y a instalaciones mineras, mejorando así la calidad del producto docente.
- e) En tanto no se supere la deficiencia de recursos, no deberá exigirse como mérito de acceso a plazas de Profesores Titulares de Escuelas Universitarias la experiencia investigadora.

f) Dado el excesivo número de asignaturas que comprende el actual Grupo VII "Geología", se ve como una necesidad el desdoblarlo, quedando dicho Grupo con las disciplinas correspondientes a Geología pura, y creando el Grupo XV "Investigación Minera", que abarcaría las materias relacionadas con la Geología Aplicada.

Terminó la reunión con una visita a la mina "El Cobre", de la Compañía la Cruz.

SEGUNDAS JORNADAS.

En la segunda asamblea había que cumplir el mandato de la anterior, por lo que los grupos de trabajo se centraron en temas concretos. Y, unánimemente, se llegó a las conclusiones siguientes:

- 1) No sólo es interesante unificar en número las asignaturas impartidas en las distintas Escuelas, sino que es necesario hacerlo en cuanto sus denominaciones y contenidos.

Estas asignaturas serían:

- Mineralogía y Petrografía (primer curso)
 - Geología (segundo curso)
 - Criaderos Minerales (tercer curso de Laboreo y Sondeos).
 - Estratigrafía, Paleontología y Tectónica (tercer curso de Sondeos).
 - Hidrogeología (tercer curso de Sondeos)
- 2) Las Escuelas de Linares, Almadén y Belmez, por su proximidad geográfica, formarán una Comisión de Programación que se encargará de elaborar los nuevos programas que luego deberán ser refrendados por el resto de las Escuelas.

Evidentemente no se trata de una comisión cerrada, sino todo lo contrario, y cualquiera que desee intervenir o aportar ideas podrá hacerlo libremente.

- 3) La Comisión de Programación se reunirá en Belmez a partir del 24 de Septiembre, enviándose conclusiones y programas a las demás Escuelas para su estudio y, en su caso, para proponer las modificaciones que cada uno juzgue convenientes.
- 4) Con posterioridad a esto y, por supuesto, dando un margen de tiempo suficiente, se celebrarán unas Jornadas para ratificar, aprobar o, en su caso,

modificar los acuerdos de la Comisión de Programación.

- 5) Se plantea la conveniencia de ir estudiando la estructuración de las enseñanzas geológicas ante la eventualidad de una posible ampliación del plan de estudios a cuatro años.
- 6) Se ha juzgado muy importante el intercambio de colecciones de minerales, rocas y fósiles, característicos de cada una de las zonas donde se encuentran ubicadas las distintas Escuelas, para fomentar el desarrollo de los Museos respectivos.

LAS REUNIONES DE PROGRAMACION.

Las comisiones encargadas de elaborar los programas han realizado un trabajo complejo a lo largo de cuatro reuniones, una en la Escuela de Belmez y tres en Almadén. El 30 de Septiembre de 1985 nos desplazamos a la Escuela de Ingeniería Técnica de Belmez dispuestos a organizar la programación.

Lo primero que hicimos fue dividir las asignaturas en bloques de programa, y posteriormente se asignaron profesores concretos a la preparación de las ponencias de programación relativas a cada asignatura:

- Mercedes Núñez Denamiel, de Belmez, trabajaría sobre Mineralogía y Petrografía.
- José Luis Molina Núñez y Rafael Parra Salmerón, de Linares, sobre Geología.
- Rafael Herquendo Luna, de Belmez, sobre Criaderos Minerales.
- Octavio Puche Riart, de Almadén, sobre Hidrogeología.
- Luis Mansilla Plaza, de Almadén, sobre Geofísica y Geoquímica.
- Rafael Parra Salmerón, de Linares, sobre Estratigrafía, Paleontología y Tectónica.

Tras esta distribución de los temas trabajados nos reunimos en Almadén, discutiendo contenidos. Al no ser estas

comisiones cerradas, hubo colaboraciones, cambios e incluso relevos, destacando la presencia continuada de José María Mata Perelló, profesor de Magresa. El ambiente de trabajo fue distendido y en los ratos libres se efectuó alguna excursión geológico-minera.

En estos momentos están preparados los programas y listos para su aprobación por la asamblea de representantes de las Escuelas, en las próximas Jornadas de Madrid.

CONCLUSIONES.

Dentro de poco habremos cubierto los objetivos básicos de nuestras reuniones; así habremos logrado:

- a) Homogeneización de asignaturas y programas, cosa siempre positiva a la hora de las convalidaciones de títulos, lo que se encuadra dentro de un proceso racionalizador de la enseñanza.
- b) Mayor conocimiento de las personas, técnicas de trabajo y recursos disponibles de las Cátedras Geológicas en las Escuelas de Minas.
- c) Intercambio de personas y equipos, en la docencia e investigación, así como preparación de actividades conjuntas.
- d) Planteamiento de soluciones a problemas concretos que interfieren en las enseñanzas de Geología.

En definitiva, hemos realizado una experiencia docente, a nivel de Cátedra, pionera en las Escuelas de Minas de España, que tiene algo que aportar a los debates futuros sobre los contenidos de las asignaturas geológicas en los nuevos planes de estudio. Este proceso puede estimular a otras especialidades a la ejecución de reuniones similares, lográndose objetivos parecidos e incluso superiores. Animamos desde nuestra vivencia positiva a los demás compañeros para que se apliquen en procesos similares.

NOTICIAS

XIX CONGRESO NACIONAL DE SEDIMENTOLOGIA

Se desarrollará en la Facultad de Ciencias de Barcelona, del 15 al 18 de Septiembre de 1986.

Para el envío de ponencias y para solicitar información, dirigirse a:

Salvador Reguant
Secretario del XIX Congreso Nacional de Sedimentología.
Facultad de Geológicas
Universidad de Barcelona
C/ Gran Vía, 85
08007 Barcelona.

II CURSO HIDROGEOLOGICO DE ALMADEN

La Universidad de Castilla - La Mancha organiza el II Curso Hidrogeológico de Almadén, bajo la dirección de D. Octavio Puche Riart, profesor de Geología de la Escuela de Ingeniería Técnica Minera, corriendo la Secretaría del mismo a cargo de D. Luis Mansilla Plaza, profesor de Investigación Minera de este centro.

Las clases se desarrollarán por las tardes del 14 al 16 de Abril de 1986, siendo su asistencia gratuita previa inscripción en la Secretaría del II Curso Hidrogeológico de Almadén: Departamentos de Geología y Prospección e Investigación Minera. E.U.P.A.
C/ Manuel Meca s/n. Almadén (C. Real).

En el curso intervendrán destacados profesionales de la Hidrología, tales como Alfredo Iglesias, Juan Luis Plata, Manuel Villanueva, Carlos Ruiz Celaá, Pedro Layna, Antonio Piñero, Javier Elorza, Jesús Candil, etc.

IV SIMPOSIO SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA.

La Universidad del País Vasco, junto con el I.C.E. de dicha Universidad, Departamento de Geotectónica y Geomorfología de la Facultad de Ciencias de Leioa, I.N.B. Peñaflonda de San Sebastián, E.U. del Profesorado de E.G.B. de Alava y el Colegio Universitario de Alava, organizan el IV Simposio sobre la Enseñanza de la Geología.

La recepción de comunicados termina el 30 de Abril de 1986 y la fecha límite de inscripción coincide con el 15 de Mayo.

La inscripción cuesta 3.500 pts., rebajándose a 1.500 pts. para los estudiantes. (cc. 130-137-7 Caja de Ahorros de Alava).

Las inscripciones se realizan en:

Secretaría del IV Simposio de la Enseñanza de la Geología.
Colegio Universitario de Alava.
Ctra. de Lasarte, s/n
APDO 450
01007 Vitoria.

FERIAS DE MINERALES, GEMAS Y FOSILES

Todos los domingos primeros de mes se celebra en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid una feria de minerales, gemas y fósiles con la participación de numerosas firmas comerciales.

VI JORNADAS DE ENSEÑANTES DE LA GEOLOGIA
EN LAS ESCUELAS UNIVERSITARIAS DE INGENIE-
RIA TECNICA MINERA.

Los días 19 y 20 de Febrero se han desarrollado en Almadén las reuniones de las comisiones redactoras de los programas de Criaderos, así como de Estratigrafía y Paleontología.

Estas comisiones están formadas por profesores de Linares, Belmez y Almadén, de acuerdo a su proximidad geográfica, tal y como se decidió en las III Jornadas. Llevan ya realizadas tres reuniones, de las que saldrán las líneas generales de las enseñanzas geológicas en las Escuelas de Ingeniería Técnica Minera, si los resultados son aprobados por el pleno que se celebrará próximamente en Madrid.

XIX CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA.

Del 3 de Febrero al 6 de Junio de 1986 se va a desarrollar, en la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid, el XIX Curso de Hidrogeología Aplicada, que consta de diez áreas:

1. Conceptos básicos.
2. Hidrología en superficie.
3. Hidrodinámica subterránea aplicada.
4. Metodología de la investigación hidrogeológica.
5. Planificación y gestión de las aguas subterráneas.
6. Métodos de captación de las aguas subterráneas.
7. Técnicas geofísicas en Hidrogeología.
8. Iniciación al empleo de modelos en Hidrogeología.
9. Contaminación de las aguas.
10. Problemas especiales.

La Comisión Organizadora y Docente del curso está presidida por D. Ramón Querol Muller, Dtor. del I.G.M.E., corriendo la dirección a cargo de D. Indalecio Quintero Amador, Catedrático de Estratigrafía, Paleontología y Geología del Petróleo de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

La inscripción hay que realizarla en la Secretaría del XIX Curso de Hidrogeología Aplicada. I.G.M.E. C/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. Siendo el coste de

matrícula de cada área de 10.000 pts.

XIII CONGRESO MUNDIAL DE LA MINERIA.

Organizado por la Asociación Finlandesa de Ingenieros de Minas y Metalurgia, la Confederación Noruega de Empresas Mineras y la Asociación Minera de Suecia, se va a celebrar el XIII Congreso Mundial de Minería, cuyas sesiones se desarrollarán en Estocolmo (Suecia) del 1 al 5 de Junio de 1987.

El tema básico del Congreso es "Mejora de la productividad y rentabilidad de las Minas mediante la aplicación de nuevas tecnologías", y en particular de:

1. El uso eficaz de la información geológica y geomecánica.
2. Los ordenadores en la planificación y explotación de minas.
3. Inversiones, Organización y Productividad en la minería mecanizada.

Para información, dirigirse a Secretaría del XIII Congreso Mundial de Minería.

University of Lulea, S-951
87 Lulea
Suecia.

O bien a la:
Secretaría General del Congreso Mundial de la Minería.
Ujazdowskie 1/3
00-583 Warsaw
Polonia.

PAGINA DE INGLES

ACCEPTORS: Aceptadores: Carbonatos calcinados que absorben el CO_2 que se desprende durante las gasificaciones.

ACETYLENE: Acetileno: Hidrocarburo gaseoso (C_2H_2) que arde con una llama muy brillante. Se obtiene mojando con agua el carburo de calcio. La mezcla de oxígeno y acetileno arde con llama que alcanza los 3000°C ., por lo que se emplea en metalurgia para soldar y cortar metales.

ACID GAS REMOVAL: Separación del gas ácido: Sección de la planta de gas donde el SH_2 y el CO_2 se separan del resto de la corriente gaseosa.

ACID JET GUN: Cilindro regadera inyector de ácido: Consiste en un tubo con perforaciones muy pequeñas a los lados y por las cuales la presión expulsa el líquido con suficiente fuerza para hacerle penetrar los poros y cavidades de formaciones petrolíferas.

ACTINOLITE: Actinolita, actinota: Silicato de calcio, hierro y magnesio, $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5(\text{OH},\text{F})\text{Si}_4\text{O}_{11}|_2$, del grupo de los anfíboles y de color verde. Sus variedades fibrosas constituyen el amianto de anfíbol.

ACTIVATED CARBON: Carbón vegetal activado: Carbón obtenido por carbonización en ausencia de aire y preferentemente en vacío, que tiene la propiedad de absorber grandes cantidades de gases y vapores. También se utiliza para la clarificación de líquidos.

ADULARIA: Adularia: Variedad de feldespato, transparente y generalmente incoloro.

AEROMETAL: Aleación de aluminio, zinc y cobre.

AEROLITE: Aerolito: Meteorito compuesto esencialmente por silicatos magnésicos.

AGATE: Agata: Variedad compacta de cuarzo caracterizada por presentar una estructura de capas concéntricas de diferente coloración.

AGGLOMERATE: Aglomerado: Conjunto de partículas de cenizas ensambladas rígidamente unas a otras por fusión parcial o bien por presión.

AGNOTOZOIC: Agnostozoico: Era geológica, de unos 2500 a 3000 millones de años de duración, que abarca desde la solidificación de la corteza terrestre hasta la aparición de los primeros fósiles.

ALBITE: Albita: Silicato de aluminio y sodio, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, que cristaliza en el sistema triclínico. Es el término sódico de la serie de las plagioclasas. Frecuente en granitos y rocas afines.

ALIDADE: Alidada: En los aparatos ópticos de topografía, regla fija o móvil, con una pínula en cada extremo, que se utiliza para dirigir visuales.

ALLUVIA: Tierras de aluvión; terrenos que quedan al descubierto de las avenidas, y los que se forman lentamente por los desvíos o las variaciones en el curso de los ríos.

ALTAZIMUTH: Teodolito altacimutal: Instrumento óptico que constituye una variante del teodolito; está destinado a la medición de las alturas y acimutes de los astros.

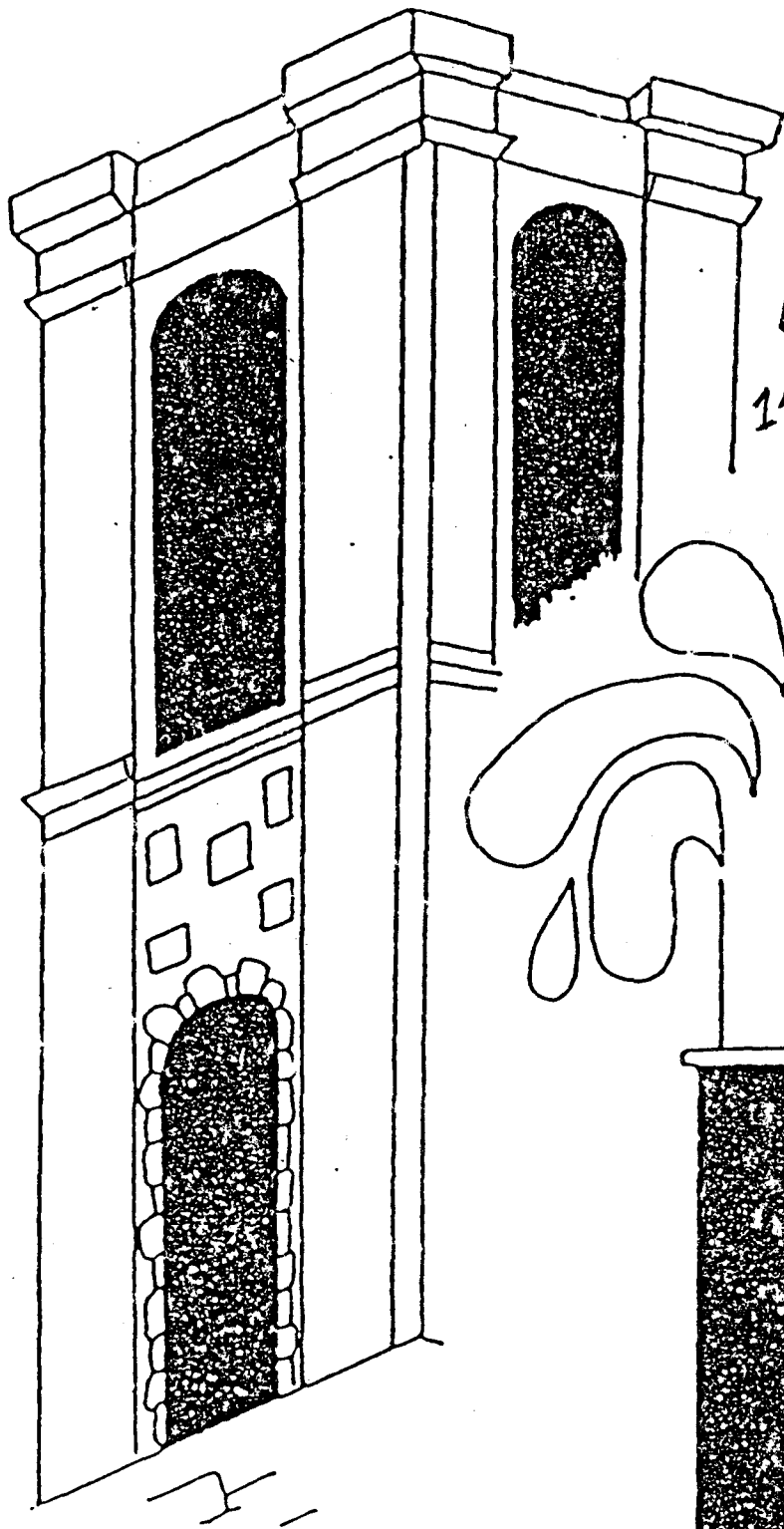
AMBER: Ambar: Resina fósil de color amarillo cera y transparente, que se encuentra en ciertas formaciones sedimentarias arcillosas y en carbones.

AMETHYST: Amatista: Variedad de cuarzo de color violeta.

AMMONITE: Amoniuro, amonita: Pólvora explosiva para minas, compuesta esencialmente de nitrato amónico.

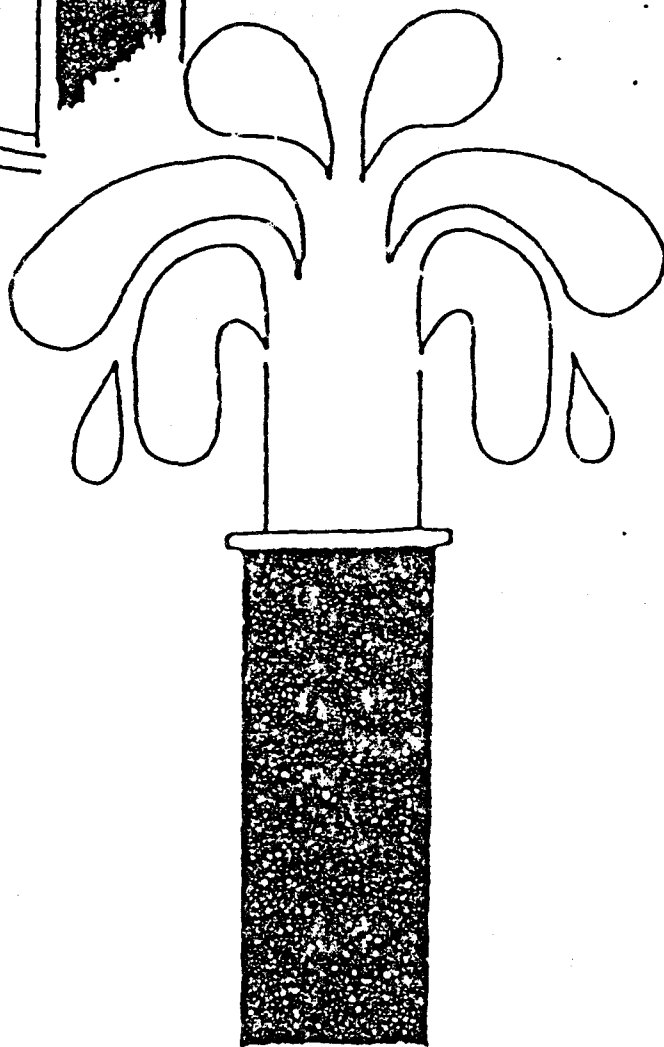
AMPHIBOLITE: Anfíbolita: Roca metamórfica constituida por anfíboles y plagioclasas.

CURSO HIDROGEOLOGICO



Almadén

14 al 26 DE ABRIL
DE 1986



Márquez-Colorado

ORGANIZA:

UNIVERSIDAD CASTILLA LA MANCHA.